

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

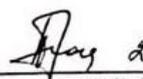
Факультет энергетический
Кафедра энергетики
Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы Электроснабжение

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
И.о. зав. кафедрой

Н.В. Савина
«25» 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Реконструкция системы внутреннего электроснабжения ОАО
«Судостроительный завод имени Октябрьской революции» города
Благовещенск

Исполнитель студент группы 442-об4	 <u>22.06.2018</u> подпись, дата	Д.А. Мулахметов
Руководитель доцент	 <u>21.06.2018</u> подпись, дата	П.П. Проценко
Консультант: безопасность и экологичность доцент, канд. техн. наук	 <u>19.06.2018</u> подпись, дата	А.Б. Булгаков
Нормоконтроль доцент, канд. техн. наук	 подпись, дата	А.Н. Козлов

Благовещенск

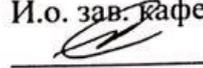
2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

 Н.В. Савина

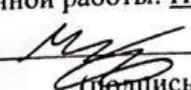
«07» 05 2018г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Мулахметова Дмитрия Андреевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция системы внутреннего электроснабжения ОАО «Судостроительный завод им. Октябрьской революции» города Благовещенска

(утверждена приказом от 12.03.2018 № 573 - уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) _____
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Генеральный план завода, однолинейная схема питающей подстанции, мощности трансформаторов
4. Содержание выпускной квалификационной работе (перечень подлежащих разработке вопросов): Определение расчетных нагрузок района, выбор схемы и параметров распределительной сети 0,4 и 10 кВ, выбор числа и мощности трансформаторных подстанций, расчет токов короткого замыкания, выбор и проверка электрических аппаратов, расчет заземления для комплектной трансформаторной подстанции, расчет уставок релейной защиты, анализ безопасности и экологичности проекта
5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.) План цеха с размещением оборудования. План завода с системой электроснабжения. План и разрез КТП с заземлением. Релейная защита линий. Схема электроснабжения
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе: Безопасность и экологичность А.Б. Булгаков, доцент, канд. техн. наук
7. Дата выдачи задания 07 05. 18
- Руководитель выпускной квалификационной работы: Проценко Палина Павловна, доцент. 
- Задание принял к исполнению (дата): _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 103 с., 7 рисунков, 30 таблицы, использованных источников, 18.

ТРАНСФОРМАТОР, РАСЧЕТНАЯ НАГРУЗКА, ТРАНСФОРМАТОР ТОКА, ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА, ХАРАКТЕРНАЯ ГРУППА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ, КАБЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ, СИЛОВОЙ ПУНКТ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ, ПЛАВКАЯ ВСТАВКА, РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

В данной бакалаврской работе было произведено реконструкция системы внутреннего электроснабжения ОАО «Судостроительный завод имени Октябрьской революции» города Благовещенск. Произведён расчёт нагрузок и подбор центра электрических нагрузок. Сделаны вычисления токов кратковременного замыкания для выбора и проверки электрооборудования, произведён расчет релейной защиты секционного выключателя, защита кабельных линий.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Общая характеристика района проектирования	8
1.1 Технологический процесс	8
1.2 Климатическая и географическая характеристика	8
2 Расчет электрических нагрузок	11
2.1 Исходные данные для расчета электрических нагрузок	11
2.2 Расчет электрических нагрузок по первому этапу	12
2.3 Расчет осветительной нагрузки по цехам	22
2.4 Определение суммарной расчетной нагрузки по предприятию	23
3 Проектирование внешнего электроснабжения	24
3.1 Выбор уровня номинального напряжения	24
3.2 Выбор сечения питающей линии	25
3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов с учетом КРМ	26
3.4 Компенсация реактивной мощности	28
3.5 Расчет ЦЕН и выбор места расположения ЦРП	29
3.6 Выбор двух вариантов схемы внутреннего электроснабжения	32
3.7 Выбор сечения кабельных линий	33
3.8 Расчет токов КЗ	35
3.9 Выбор и проверка оборудования	39
3.9.1 Выбор и проверка КРУ	39
3.9.2 Выбор и проверка выключателя встроенного в КРУ	42
3.9.3 Выбор и проверка выключателя на отходящие присоединения	43
3.9.4 Выбор и проверка трансформатора тока	44
3.9.5 Выбор трансформатора напряжения	47
3.9.6 Выбор ограничителей перенапряжений	48
3.9.7 Выбор АКБ	50
3.9.8 Выбор проходных и опорных изоляторов	53
3.9.9 Выбор ошиновки	55

3.9.10. Выбор сечения кабельных линий от КЛ для производственных помещений	58
3.9.11 Выбор трансформатора собственных нужд	60
3.10 Релейная защита и автоматика	62
3.10.1 Назначение релейной защиты и автоматики	62
3.10.2 Релейная защита секционного выключателя	63
3.10.3 Релейная защита вводного выключателя КРУ 6 кВ	65
3.10.4 Защита кабельной линии 6 кВ	67
3.10.5 Автоматическое повторное включение	69
3.10.6 Автоматическая частотная разгрузка	70
4 Проектирование внутрицехового электроснабжения	71
4.1 Выбор сечения кабельных линий	72
4.2 Проверка выбранных сечений по потере напряжения	76
4.3 Расчет токов короткого замыкания	78
4.3.1 Расчет трехфазных токов КЗ	78
4.3.2 Расчет однофазных токов КЗ	81
4.4 Выбор и проверка защитных аппаратов	82
4.4.1 Выбор плавких предохранителей	83
4.4.2 Выбор и проверка автоматических выключателей	87
4.5 Конструктивное исполнение низковольтной сети	88
4.6 Устройства и автоматика	90
4.7 Безопасность при работе с кабельными линиями	91
5 Безопасность и экологичность	94
5.1 Безопасность	94
5.2 Экологичность	96
5.3 Чрезвычайные ситуации	97
Заключение	101
Библиографический список	102

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АД – асинхронный двигатель;
- АВ – автоматический выключатель;
- ВН – высокое напряжение;
- КЗ – короткое замыкание;
- КЛ – кабельная линия;
- КРМ – компенсация реактивной мощности;
- КТП – комплектная трансформаторная подстанция;
- МТЗ – максимальная токовая защита;
- НКУ – низковольтное компенсирующее устройство;
- НН – низкое напряжение;
- РЗ – релейная защита;
- СП – силовой пункт;
- КРУ – комплектное распределительное устройство;
- СЭС – система электроснабжения;
- ТП – трансформаторная подстанция;
- ТО – токовая отсечка;
- ТН – трансформатор напряжения;
- ТТ – трансформатор тока;
- ЦЭН – центр электрических нагрузок;
- ЭД – электродвигатель;
- ЭП – электроприёмник.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия - главные потребители электроэнергии, поскольку они тратят приблизительно две трети всей электроэнергии, развитой в нашей стране. Ежедневно мощности, потребляемые предприятиями и отдельными электроприемниками, увеличиваются. В связи с этим усложняются задачи рационального построения схем распределения электроэнергии. Повышаются требования к надежности, экономичности, к удобству и безопасности эксплуатации и к качеству электроэнергии.

Концепции электроснабжения промышленных предприятий созданы для того, чтобы предоставить непрерывное и надежное питания электроэнергией промышленных приемников и установок.

Проектирование системы внутреннего электроснабжения основывается на общих принципах построения схем внутризаводского распределения электроэнергии. Характерной особенностью схем внутризаводского распределения электроэнергии является большая разветвленность сети и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры, что оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели и на надежность системы электроснабжения.

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке системы внутреннего и цехового электроснабжения промышленного предприятия, чтобы она была надежна, удобна и безопасна в обслуживании, обеспечивала необходимое качество энергии и бесперебойность электроснабжения. Содержание проекта покрывает основные вопросы электроснабжения промышленного предприятия: электрические нагрузки, выбор параметров системы электроснабжения и системы распределения промышленного предприятия, расчёт токов короткого замыкания, выбор и проверка оборудования, разработка однолинейной схемы электроснабжения предприятия.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1 Технологический процесс

Самое старое предприятие Приамурья открытое акционерное общество "Судостроительный завод им. Октябрьской революции" - главный поставщик рыболовных сейнеров для Камчатки, Сахалина и Курил, Магаданской области, Хабаровского и Приморского краев.

К началу XX столетия завод становится крупным промышленным предприятием с высокой по тем временам технической оснащенностью.

До 1950 года верфь выполняла ремонт судов, судостроение незначительный объем в программе. В последующий период доля судостроения значительно увеличивается и уменьшается судоремонт.

С 1964 года суда "СЗОР" выходят на морские просторы. Строительство новых типов судов потребовало обновления и изменения структуры основных фондов верфи, поэтому в период 1965 – 1970 г.г. на верфи проводится интенсивное строительство цехов и сооружений. В эти годы внедряется новая техника, прогрессивные технологические процессы.

Начиная с 1975 г. полностью обновляется выпускаемая заводом продукция: новые рыболовные сейнеры, консольно-козловые краны, понтоны для драг, морские танкеры, товары народного потребления. С 1986 г. завод перешел на новые условия хозяйствования, широко используя достижения науки и техники, при строгом соблюдении дисциплины, экономии всех видов ресурсов.

Сегодня завод, опираясь на богатый опыт, чтобы решить проблемы любой сложности.

1.2 Климатическая и географическая характеристика

Атмосферные требования региона с учетом действующих нормативных материалов (с повторяемостью 1 раз в 10 лет) и данных обработки материалов многолетних наблюдений по метеостанциям следующие:

В городе Благовещенск климат холодно умеренный. По сравнению с зимой, летом гораздо больше осадков. Климат здесь классифицируется как Dwb системой Кеппен-Гейгера. Среднегодовая температура в городе Благовещенск минус 0,9 °С. Среднее число осадков в год составляет 558 мм.

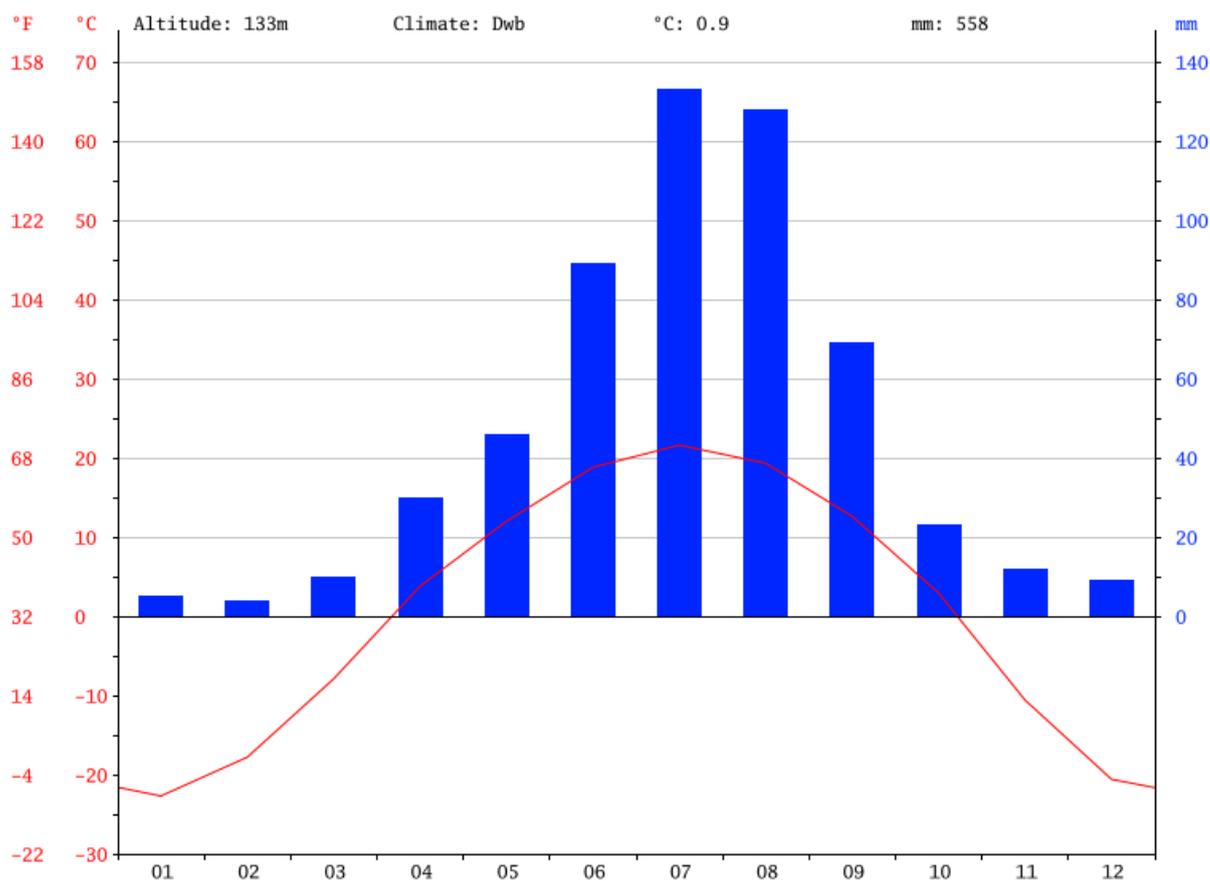


Рисунок 1 – График климатических колебаний

Наиболее сухой месяц - Февраль с осадками 4 мм. В Июль, количество осадков достигает своего пика, в среднем 133 мм.

Наиболее утепленный месяц года - июль со средней температурой 21,6 °С. Январь является самым холодным месяцем года, в среднем температура минус 22,7 °С.

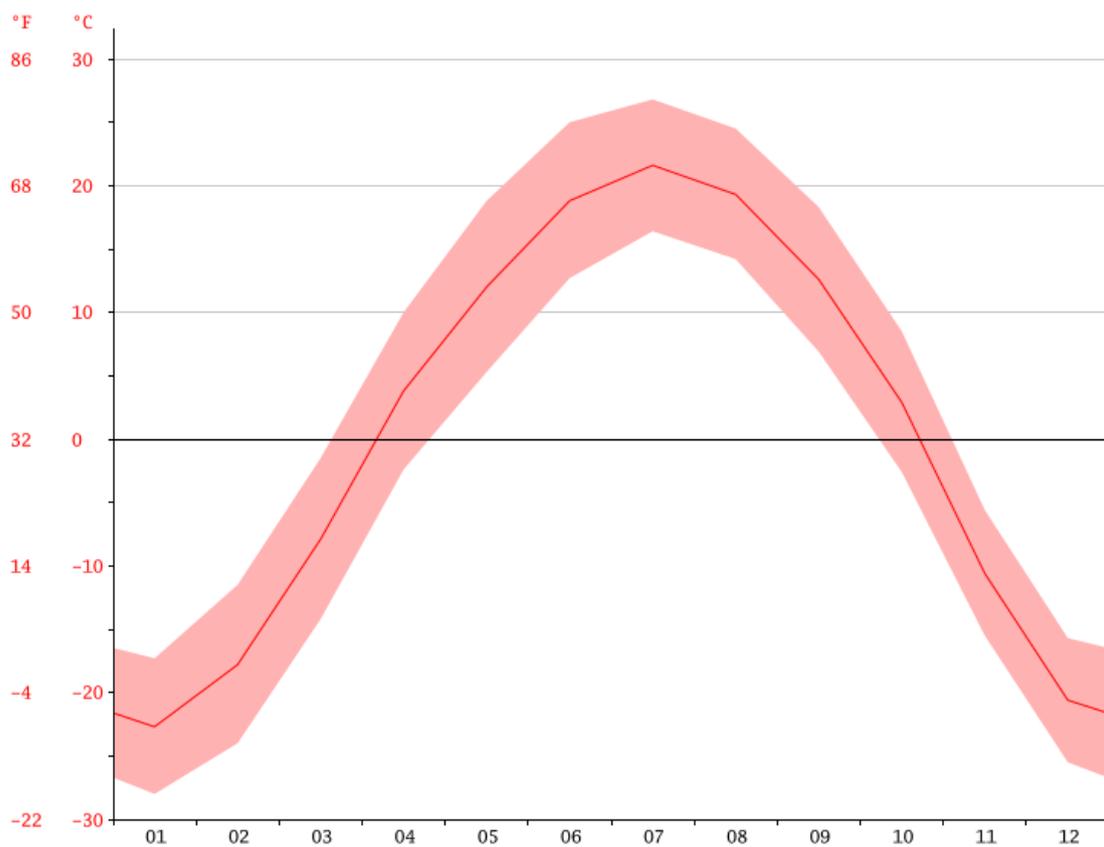


Рисунок 2 – График температуры

	Январь	Февраль	март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Средний температура (°C)	-22.7	-17.8	-7.9	3.8	12	18.8	21.6	19.3	12.6	2.9	-10.6	-20.6
минимум температура (°C)	-28	-24	-14.2	-2.4	5.3	12.7	16.4	14.2	6.9	-2.6	-15.5	-25.5
максимум температура (°C)	-17.3	-11.5	-1.5	10	18.8	25	26.8	24.5	18.3	8.5	-5.6	-15.7
Средний температура (°F)	-8.9	-0.0	17.8	38.8	53.6	65.8	70.9	66.7	54.7	37.2	12.9	-5.1
минимум температура (°F)	-18.4	-11.2	6.4	27.7	41.5	54.9	61.5	57.6	44.4	27.3	4.1	-13.9
максимум температура (°F)	0.9	11.3	29.3	50.0	65.8	77.0	80.2	76.1	64.9	47.3	21.9	3.7
Норма осадков (мм)	5	4	10	30	46	89	133	128	69	23	12	9

Рисунок 3 – Климатический график

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Первоначальным этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значениям электрических нагрузок промышленных предприятий определяют выбор всех элементов системы электроснабжения. По этой причине определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения.

При проектировании системы электроснабжения или анализе режимов ее работы потребитель электроэнергии (отдельный приемник электроэнергии, группа приемников, цех или завод в целом) рассматривают в качестве нагрузок. Различают следующие виды нагрузок: активную мощность P , реактивную мощность Q , полную мощность S и ток I .

Номинальная (установленная) активная мощность приёмника электроэнергии – это мощность, указанная на заводской табличке или паспорте приёмника электроэнергии, при которой приёмник электроэнергии обязан функционировать.

2.1 Исходные данные для расчета электрических нагрузок

В таблице 1 приведены наименования электроприемников ремонтно-электрического цеха с паспортными характеристиками.

Таблица 1 - Наименование ЭП и их характеристики

Наименование ЭП	Кол-во ЭП, шт	$P_{\text{ном.эп}}$, кВт	$K_{\text{и}}$	$\cos\varphi$	tg
1	2	3	4	5	6
Станок токарный	1	1,3	0,12	0,8	1,73
Шкаф сушильный	1	9,7	0,75	0,8	0,32
Станок токарно – винторезный	1	1	0,12	0,8	1,73
Пресс гидравлический	1	18	0,2	0,65	1,16
Ножницы листовые	1	12,2	0,14	0,5	1,73
Станок вертикально – сверлильный	1	0,55	0,14	0,5	1,73

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Станок вертикально – сверлильный	1	0,55	0,14	0,5	1,73
Станок токарно – винторезный	1	1	0,12	0,5	1,73
Станок радиально – сверлильный	1	1,3	0,14	0,5	1,73
Станок токарно – винторезный	1	1,5	0,12	0,5	1,73
Станок точильно-шлифовальный	1	8,5	0,16	0,5	1,73
Станок горизонтально – фрезерный	1	10	0,16	0,5	1,73
Станок круглошлифовальный	1	10	0,35	0,65	1,16
Станок поперечно – строгальный	1	11,5	0,12	0,5	1,73
Сварка (п/авт.)	1	450А	0,35	0,5	1,73
Сварка ручная	1	375А	0,35	0,5	1,73
Станок токарно-винторезный	1	10	0,12	0,5	1,73
Станок ножовочно – отрезной	1	9,5	0,14	0,5	1,73
Полуавтомат зубострогальный	1	13	0,17	0,65	1,16
Полуавтомат вертикально – фрезерный	1	9,6	0,17	0,65	1,16
Полуавтомат зубофрезерный	1	12,2	0,17	0,65	1,16
Автомат зубодолбежный	1	7,2	0,17	0,65	1,16
Полуавтомат зубодолбежный	1	11,5	0,17	0,65	1,16
Станок токарно – винторезный	1	1,2	0,12	0,5	1,73
Щит осветительный	1	8,66	0,14	0,5	1,73

2.2 Расчет электрических нагрузок по первому этапу

Групповая номинальная (установленная) интенсивная мощность – сумма номинальных активных мощностей категории ЭП:

$$P_{ном} = \sum_1^n P_{ном}, \quad (1)$$

где n - число электроприемников.

Групповая номинальная реактивная мощность – алгебраическая сумма номинальных реактивных мощностей входящих в группу ЭП:

$$Q_{ном} = \sum_1^n P_{ном} \cdot \operatorname{tg}\phi, \quad (2)$$

где $\operatorname{tg}\phi$ - паспортное или справочное значение коэффициента реактивной мощности.

Далее определяются средние активные и реактивные мощности каждой характерной группы ЭП:

$$P_c = P_{ном} \cdot K_u; \quad (3)$$

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg}\phi. \quad (4)$$

Определяются суммарные значения средней активной и реактивной мощности:

$$\sum P_c = \sum_1^m P_{ном} \cdot K_u; \quad (5)$$

$$\sum Q_c = \sum_1^m P_c \cdot \operatorname{tg}\phi. \quad (6)$$

где m – число характерных категорий ЭП.

Определяется средневзвешенный коэффициент использования:

$$K_u = \sum P_c / P_{ном}. \quad (7)$$

Определяется эффективное число электроприемников по выражению:

$$n_{\text{э}} = 2 \cdot \sum P_{ном} / P_{ном.\max}. \quad (8)$$

В связи средневзвешенного коэффициента использования и результативного количества электроприемников определяется коэффициент расчетной нагрузки K_p .

Расчетная активная мощность групп ЭП напряжением до 1 кВ определяется в зависимости от средней мощности P_c и соответствующего значения K_p :

$$P_p = K_p \cdot P_c \quad (9)$$

Расчетная реактивная мощность определяется следующим образом:

для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от $n_{\text{э}}$

$$\text{при } n_{\text{э}} \leq 10 \text{ и } K_p \geq 1 \quad Q_p = 1,1 \cdot Q_c; \quad (10)$$

$$\text{при } n_{\text{э}} > 10 \text{ и } K_p \geq 1 \quad Q_p = Q_c; \quad (11)$$

Для магистральных шинопроводов и шин цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в полном согласно цеху (корпусу, предприятию):

$$Q_p = K_p \cdot Q_c \text{ при } K_p < 1 \quad (12)$$

К расчетным силовым нагрузкам $P_{p.c}$ и $Q_{p.c}$ добавляются осветительные нагрузки $P_{p.o}$, $Q_{p.o}$:

$$P_p = P_{p.c} + P_{p.o}; \quad (13)$$

$$Q_p = Q_{p.c} + Q_{p.o}. \quad (14)$$

Расчетная мощность на шинах 6-10 кВ распределительных и главных подстанций определяется с учетом коэффициента одновременности, значение которого принимается в зависимости от средневзвешенного коэффициента

использования и числа присоединений к монтажным шинам распределительного устройства (РУ):

$$P_p = \sum P_c \cdot K_0; \quad (15)$$

$$Q_p = \sum Q_c \cdot K_0; \quad (16)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (17)$$

Для примера определим расчетную нагрузку ремонтно-электрического цеха по приведенному выше алгоритму:

$$P_{ном} = 1,3 + 9,7 + 1 + 18 + 12,2 + 1,1 + 1 + 1,3 + 1,5 + 8,5 + 10 + 10 + 11,5 + 99 + 82,5 + 10 + 9,5 + 13 + 9,6 + 12,2 + 7,2 + 11,5 + 1,2 + 8,66 = 351,46 \text{ кВт};$$

$$P_c = 1,3 * 0,12 + 9,7 * 0,75 + 1 * 0,12 + 18 * 0,2 + 12,2 * 0,14 + 1,1 * 0,14 + 1 * 0,12 + 1,3 * 0,14 + 1,5 * 0,12 + 8,5 * 0,16 + 10 * 0,16 + 10 * 0,35 + 11,5 * 0,12 + 99 * 0,35 + 82,5 * 0,35 + 10 * 0,12 + 9,5 * 0,14 + 13 * 0,17 + 9,6 * 0,17 + 12,2 * 0,17 + 7,2 * 0,17 + 11,5 * 0,17 + 1,2 * 0,12 + 8,66 * 0,14 = 98,81 \text{ кВт};$$

$$Q_{нам} = 1,3 * 1,73 + 9,7 * 0,32 + 1 * 1,73 + 18 * 1,16 + 12,2 * 1,73 + 1,1 * 1,73 + 1 * 1,73 + 1,3 * 1,73 + 1,5 * 1,73 + 8,5 * 1,73 + 10 * 1,73 + 10 * 1,16 + 11,5 * 1,73 + 99 * 1,73 + 82,5 * 1,73 + 10 * 1,73 + 9,5 * 1,73 + 13 * 1,16 + 9,6 * 1,16 + 12,2 * 1,16 + 7,2 * 1,16 + 11,5 * 1,16 + 1,2 * 1,73 + 8,66 * 1,73 = 584,29 \text{ квар};$$

$$Q_c = 1,3 * 0,12 * 1,73 + 9,7 * 0,75 * 0,32 + 1 * 0,12 * 1,73 + 18 * 0,2 * 1,16 + 12,2 * 0,14 * 1,73 + 1,1 * 0,14 * 1,73 + 1 * 0,12 * 1,73 + 1,3 * 0,14 * 1,73 + 1,5 * 0,12 * 1,73 + 8,8 * 0,16 * 1,73 + 10 * 0,16 * 1,73 + 10 * 0,35 * 1,16 + 11,5 * 0,12 * 1,73 + 99 * 0,35 * 1,73 + 82,5 * 0,35 * 1,73 + 1 * 0,12 * 1,73 + 9,5 * 0,14 * 1,73 + 13 * 0,17 * 1,16 + 9,6 * 0,17 * 1,16 + 12,2 * 0,17 * 1,16 + 7,2 * 0,17 * 1,16 + 11,5 * 0,17 * 1,16 + 1,2 * 0,12 * 1,73 + 8,66 * 0,14 * 1,73 = 149,24 \text{ квар};$$

$$K_u = 98,81 / 351,46 = 0,28;$$

$$tg\phi = Q_c/P_c = 149,24/98,81 = 1,51;$$

$$n_{\phi} = 2 * 351,46/99 \approx 7;$$

$$K_p = 0,92 \text{ при } K_u = 0,28 \text{ и } n_{\phi} = 7;$$

$$P_p = 0,92 * 98,81 = 90,90 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 0,92 * 149,24 = 137,30 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{315,37^2 + 137,30^2} = 343,96 \text{ кВА};$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет электрических нагрузок по I этапу

Исходные данные						Средняя мощность		пЭ	КР	Расчетная мощность		
Наименование ЭП	Кол.ЭП,	P _{ном} , кВт	P _Σ , кВт	K _и	Tgφ	P _с , кВт	Q _с , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Станок токарный	1	1,3	1,3	0,12	1,73	0,15	0,26	-	-	-	-	-
Шкаф сушильный	1	9,7	9,7	0,75	0,32	128	12,58	-	-	-	-	-
Станок токарно – винторезный	1	1	1	0,12	1,73	0,12	0,2	-	-	-	-	-
Пресс гидравлический	1	18	18	0,2	1,16	3,6	4,17	-	-	-	-	-
Ножницы листовые	1	12,2	12,2	0,14	1,73	1,7	2,95	-	-	-	-	-
Станок вертикально- сверлильный	2	0,55	1,1	0,14	1,73	0,15	0,26	-	-	-	-	-
Станок токарно- винторезный	1	1	1	0,12	1,73	0,12	0,2	-	-	-	-	-
Станок радиально- сверлильный	1	1,3	1,3	0,14	1,73	0,18	0,31	-	-	-	-	-
Станок токарно- винторезный	1	1,5	1,5	0,12	1,73	0,18	0,31	-	-	-	-	-
Станок точильно- шлифовальный	1	8,5	8,5	0,16	1,73	1,36	2,35	-	-	-	-	-
Станок горизонтально- фрезерный	1	10	10	0,16	1,73	1,6	2,76	-	-	-	-	-
Станок круглошлифовальный	1	10	10	0,35	1,16	3,5	5,6	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Станок поперечно-строгальный	1	11,5	11,5	0,12	1,73	1,38	2,38	-	-	-	-	-
Сварка(п/авт.)	1	99	99	0,35	1,73	34,65	59,94	-	-	-	-	-
Сварка ручная	1	82,5	82,5	0,35	1,73	28,87	49,95					
Станок токарно-винторезный	1	10	10	0,12	1,73	1,2	2,07	-	-	-	-	-
Станок ножовочно-отрезной	1	9,5	9,5	0,14	1,73	1,33	2,3	-	-	-	-	-
п/автомат зубострогальный	1	13	13	0,17	1,16	2,21	2,56	-	-	-	-	-
п/автомат вертикально-фрезерный	1	9,6	9,6	0,17	1,16	1,63	1,89	-	-	-	-	-
п/автомат зубофрезерный	1	12,2	12,2	0,17	1,16	2,07	2,4	-	-	-	-	-
Автомат зубодолбежный	1	7,2	7,2	0,17	1,16	1,22	1,41	-	-	-	-	-
п/автомат зубодолбежный	1	11,5	11,5	0,17	1,16	1,95	2,26	-	-	-	-	-
Станок токарно-винторезный	1	1,2	1,2	0,12	1,73	0,14	0,24	-	-	-	-	-
Щит осветительный	1	8,66	8,66	0,14	1,73	1,21	2,09	-	-	-	-	-
Итого	25	351,46	352,5	0,28	1,51	324,79	149,24	7	0,28	90,90	137,30	343,9

На данном промышленном предприятии можно выделить 3 характерные группы ЭП, отличающиеся между собой по режиму работы:

- 1) установки с $K_u < 0,2$;
- 2) установки с $K_u \geq 0,2$;
- 3) шкаф сушильный.

Для каждой характерной категории определяем номинальную суммарную мощность, среднюю суммарную мощность, средневзвешенный

коэффициент использования, $\text{tg}\phi$, эффективное число ЭП, расчетные мощности.

Приведём пример для 3 группы ЭП:

$$P_{\text{ном}} = 1 \cdot 9,7 = 9,7 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{ср}} = 9,7 \cdot 0,75 = 7,27 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ср}} = 7,27 \cdot 0,32 = 2,32 \text{ квар};$$

$$K_u = 7,27/9,7 = 0,49;$$

$$n_{\text{эф}} = 2 \cdot 9,7/9,7 = 2;$$

Т.к $n_{\text{эф}}$ больше реального числа ЭП, то принимаем эффективное число ЭП по их реальному числу $n_{\text{эф}} = 1$;

По кривым находим коэффициент расчётной нагрузки $K_p = 1,14$;

$$P_p = 7,27 \cdot 1,14 = 8,28 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 1,14 \cdot 2,32 = 2,64 \text{ квар};$$

Результаты расчета нагрузок по 1 этапу фиксируются в таблице 2.

Таблица 3 – Характерные расчётные нагрузки ЭП, разбитых на категории

Категория	$P_{\text{ном}\Sigma}$, кВт	$P_{\text{ср}\Sigma}$, кВт	$Q_{\text{ср}\Sigma}$, квар	$k_{\text{исп}}$	$\text{tg}\phi$	$n_{\text{эф}}$	$P_{\text{расч}}$, кВт	$Q_{\text{расч}}$, квар
I категория ЭП с $k_{\text{исп}} < 0,2$	123,01	17,22	29,79	0,14	1,73	20	13,77	23,83
II категория ЭП с $k_{\text{исп}} > 0,2$	209,5	73,32	126,84	0,34	1,73	4	87,25	150,93
III категория шкаф сушильный	9,7	7,27	2,32	0,49	0,32	1	8,28	2,64

Далее определяется осветительная нагрузка цеха по следующему выражению:

$$P_{p.o} = A \cdot B \cdot a \cdot k_u, \tag{18}$$

где A, B – ширина и длина цеха, м;
 a – удельный показатель, Вт/м².

$$P_{p.o} = 60 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,85 = 15,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (19)$$

$$Q_{p.o} = 15,3 \cdot 0,33 = 5,049 \text{ квар.}$$

Суммарная нагрузка для цеха определяется как:

$$P_{\Sigma \text{ цеха}} = P_{p\Sigma} + P_{p.o}; \quad (20)$$

$$P_{\Sigma \text{ цеха}} = 15,3 + 109,3 = 124,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{\Sigma \text{ цеха}} = Q_{p\Sigma} + Q_{p.o} \quad (21)$$

$$Q_{\Sigma \text{ цеха}} = 177,4 + 5,04 = 182,44 \text{ квар.}$$

Полная нагрузка цеха и расчётный ток:

$$S_{p.цеха} = \sqrt{P_{\Sigma \text{ цеха}}^2 + Q_{\Sigma \text{ цеха}}^2}, \quad (22)$$

$$S_{p.цеха} = \sqrt{124,6^2 + 182,44^2} = 220,92 \text{ кВА};$$

$$I_{p.цеха} = \frac{S_{p.цеха}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (24)$$

$$I_{p.цеха} = \frac{220,92}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 319,24 \text{ А.}$$

Таким образом, были рассчитаны нагрузки установок ремонтно-электрического цеха.

Аналогично рассчитываются остальные потребители напряжением 0,38 кВ, результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 4 - Расчетная нагрузка ЭП напряжением 0,38 кВ

Наименование электроприемников	Номер на плане	Ки	cosφ / tgφ	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
Заготовительный цех	1	0,7	0,8/0,75	49,5	43,56	65,94
Сборочный цех	2	0,2	0,6/1,33	21,6	16,2	27
Монтажный цех	3	0,3	0,65/1,17	31,5	36,855	48,49
Деревообработочный цех	4	0,6	0,8/0,75	8,4	6,3	10,5
Токарный цех	5	0,17	0,65/1,16	183,3	137,48	229,1
Заготовительно-сборочный цех	6	0,6	0,65/1,17	64,2	75,114	98,81
Сборочный цех	7	0,75	0,65/1,17	150	175,5	230,9
Цех по производству мебели	8	0,6	0,85/0,75	21,6	16,2	27
Гараж	9	0,6	0,85/0,75	9	6,75	11,25
Электро-механический цех	10	0,6	0,8/0,75	45,452	68,65	82,33
Технический цех	11	0,5	0,8/0,75	56,5	42,38	70,6
Компрессорная	12	0,65	0,8/0,75	182	136,5	227,5
Котельная	13	0,6	0,85/0,75	72	54	90
Столовая	14	0,45	0,75/0,88	22,5	19,8	29,97
Бомбоубежище	15	0,35	0,65/1,14	17,5	11,375	20,87
Медпункт	16	0,45	0,75/0,88	18	15,84	23,97
Склад готовой продукции	17	0,6	0,8/0,75	12	9	15
Кузница	18	0,7	0,75/0,88	58,8	51,744	78,33
Благмет	19	0,75	0,75/0,88	82,5	72,6	109,9
Центральный склад	20	0,6	0,85/0,75	12	9	15

Продолжение таблицы 4

Наименование электроприемников	Номер на плане	Ки	$\cos\varphi / \operatorname{tg}\varphi$	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
Газораздаточный пункт	23	0,75	0,75/0,88	15	13,2	19,98
Участок металлизации	24	0,7	0,75/0,88	35	30,8	46,62
Лакокрасочный склад	25	0,6	0,85/0,75	9	6,75	11,25
Кооператив по изготовлению металлоконструкций	26	0,7	0,75/0,88	35	30,8	46,62
Цех горячего цинкования	27	0,45	0,85/0,75	22,5	16,875	28,13
Мебельный кооператив	28	0,44	0,5/1,73	44	76,12	87,92
Пожарное депо	29	0,45	0,65/1,17	22,5	26,325	34,63
Овощехранилище	30	0,6	0,5/1,73	51	88,23	101,9
Склад ГСМ	31	0,35	0,85/0,75	3,5	2,625	4,375
Материальный склад	32	0,45	0,65/1,17	22,5	26,325	34,63
Склад отдела внешней кооперации	33	0,7	0,65/1,17	70	81,9	107,7
Химическая лаборатория	34	0,45	0,75/0,88	49,5	43,56	65,94
Санузел	35	0,6	0,85/0,75	12	9	5
Административное здание	36	0,45	0,85/0,75	22,5	16,875	28,13
Складской комплекс	37	0,35	0,65/1,17	4,9	5,733	7,542
Итого:	-	-	-	1537.25	1479.91	2142.82

2.3 Расчет осветительной нагрузки по цехам

Осветительная работа обуславливается согласно любому цеху исходя из площади, удельной нагрузки и коэффициента использования. Площадь цехов определяется по генеральному плану предприятия.

Расчетная мощность осветительной нагрузки определяется по формуле;

$$P_{ном} = P_{уд} \cdot F \cdot K_{II} \quad (25)$$

где F - площадь цеха, корпуса, м²;

Примем $P_{уд} = 0,015$ кВт/м²; $K_{II} = 0,95$;

$$P_{cp} = K_{II} \cdot P_{ном}; \quad (26)$$

$$P_{po} = P_{cp}. \quad (27)$$

В качестве примера рассчитаем осветительную нагрузку для помещения ремонта электрооборудования:

$$P_{po} = P_{cp} = 0,015 \cdot 1200 \cdot 0,95 = 17,1 \text{ кВт.}$$

Аналогично рассчитываются остальные электроприемники, результаты расчета осветительной нагрузки сведены в таблицу 5:

Таблица 5 - Осветительная нагрузка по цехам

Наименование электроприемников	$P_{уд}$, Вт/м ²	F , м ²	P_{po} , кВт
Химическая лаборатория	15	516,5	7,360125
Сборочный цех	15	800	11,4
Административное здание		818,62	11,67
Электро-механический цех		1200	17,1
Монтажный цех		888,4	12,66
Пожарное депо		320,9	4,57
Склад ГСМ		116,3	1,66
Итого:	-	-	66.420125

2.4 Определение суммарной расчетной нагрузки по предприятию

По формулам (17) и (18) определяются суммарные расчетные активные и реактивные нагрузки предприятия с учетом осветительной нагрузки:

$$P_{p\Sigma} = P_{p.c} + P_{p.o} = 1537.25 + 45.4526 + 66.42 = 1649,1226 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_{p.c} + P_{p.o} = 1479.91 + 68.6504 = 1548,5604 \text{ квар.}$$

Далее определяется суммарная расчетная нагрузка предприятия с учетом коэффициента одновременности, равного $K_0 = 0,95$ при средневзвешанном коэффициенте использования 0,67:

$$P_{pc} = \sum P_c * K_o = 0.95 * 1649.1226 = 1566.66647 \text{ кВт};$$

$$Q_{pc} = \sum Q_c * K_o = 0.95 * 1548.5604 = 1471.13238 \text{ квар};$$

$$S_{pc} = \sqrt{1566.66^2 + 1471.13^2} = 2149.103 \text{ кВА.}$$

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

3.1 Выбор уровня номинального напряжения

Напряжённость любого звена системы электроснабжения следует выбирать с учетом напряжений смежных звеньев для получения наиболее экономичного варианта электроснабжения предприятия в полном. Преимущество при выборе вариантов следует отдавать варианту с более высоким напряжением даже при небольших экономических преимуществах низшего из сравниваемых напряжений.

Проанализируем последующие виды питающего напряжения: 35 кВ, 20 кВ, 10 кВ, 6 кВ.

Достоинство напряжения 20 кВ по сравнению с напряжением 35 кВ заключается в более простом устройстве сети и более дешевых коммутационно-защитных аппаратах. Но с другой стороны, повышение питающего напряжение уменьшает потери в питающих направлениях.

По сравнению с напряжением 10 кВ при напряжении 20 кВ снижаются потери электроэнергии в элементах системы электроснабжения и токи КЗ в сетях. Необходимо отметить, что несмотря на имеющиеся преимущества, применение напряжения 20 кВ сдерживается отсутствием электрооборудования на это напряжение.

Напряжения 10 кВ должно широко применяться для внутривозовского распределения энергии:

- на предприятии небольшой и средней мощности при отсутствии или небольшом числе двигателей которые могли бы непосредственно присоединены к напряжению 10 кВ.

Напряжение 6 кВ широко используют на промышленных предприятиях: на средних по мощности предприятиях — для питающих и распределительных сетей.

Напряжение 10 кВ является более экономичным по сравнению с напряжением 6 кВ. Напряжение 6 кВ допускается применять только в тех

случаях, если на предприятии преобладают приемники электроэнергии с номинальным напряжением 6 кВ.

Так как в осматриваемом заводе преобладают приемники электроэнергии с номинальным напряжением 6 кВ, и напряжение низкой стороны питающей подстанции также 6 кВ, то целесообразно, остановить свой выбор на напряжении питания 6 кВ.

3.2 Выбор сечения питающей линии

Источником питания ОАО «Судостроительный завод имени ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ» служит Электрическая подстанция ПС Центральная 110/35/10 кВ.

Рассчитаем сечение питающего кабеля, идущего от ПС Центральная до ЦРП.

Находим расчетный ток:

$$I_{\text{наиб}} = \frac{\sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}; \quad (28)$$

$$I_{\text{наиб}} = \frac{\sqrt{15666.66^2 + 1471.132^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 205,03 \text{ А.}$$

Далее определяется длительно допустимый ток для КЛ по выражению, [4]:

$$I_{\text{доп}} \leq k_{\text{ср}} \cdot k_{\text{нр}} \cdot I_{\text{доп.табл}}, \quad (29)$$

где I_p - расчетный ток линии, питающей группу приемников (для линии, питающей единичный приемник, вместо I_p принимают номинальный ток приемника $I_{\text{доп}}$);

$k_{\text{ср}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий отличие температуры в цехе от температуры, при которой заданы $I_{\text{доп}}$ в ПУЭ;

$k_{\text{нр}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий снижение допустимой

токовой нагрузки для проводов и кабелей при их многослойной прокладке в коробах.

Условие допустимости по нагреву для КЛ 10 кВ:

$$I_{доп} \geq I_{наиб}; \quad (30)$$

$$I_{доп} = 0,84 * 1,1 * 205,3 = 189,7 \text{ А.}$$

Выбираем кабель марки ААШв сечением 50 мм².

3.3 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

Расчетная мощность трансформатора КТП определенной установки определяется как:

$$S_{расч.тр} = \frac{P_{\Sigma уст}}{K_{з.опт} \cdot N_m} \quad (31)$$

где $P_{\Sigma уст}$ - суммарная активная мощность установки;

$K_{з.опт}$ - оптимальный коэффициент загрузки трансформатора (при наличии 1-ой категории равен 0,7);

N_m - число силовых трансформаторов.

Проанализируем электромеханический цех, который получает питание от ТП-1. С этой ТП также запитывается цех КИП и А, насосная станция, 3 складских помещения. Таким образом, чтобы определить мощность трансформаторов на данной ТП, нам следует просуммировать мощности этих цехов и помещений.

Учитывая категорию надёжности потребителей к установке принимается двухтрансформаторная КТП.

$$S_{расч. тр} = \frac{343,96+9}{0,7*2} = 252,1 \text{ кВА.}$$

К установке принимаем трансформатор ТМ-400/10.

Для выбранных трансформаторов произведём КРМ.

Наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передать из сети ВН в сеть НН через силовой трансформатор КТП определяется по формуле [5]:

$$Q_T = \sqrt{(N_T \cdot K_{з.опт} \cdot S_{т.ном})^2 - P_p^2}; \quad (32)$$

$$Q_{ТП8} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 400)^2 - 539,1^2} = 151,562 \text{ квар.}$$

Определяется суммарная мощность НКУ по формуле:

$$Q_{НБК1} = Q_p - Q_T; \quad (33)$$

300квар.

Определяется дополнительная мощность НКУ, обеспечивающая снижение потерь в электроэнергии в СЭС промышленного предприятия:

$$Q_{НКУ2} = Q_p - Q_{НКУ1} - \gamma \cdot S_{т.ном} \cdot N_T, \quad (34)$$

где γ – расчетный коэффициент, определяемый в зависимости от схемы питания и дополнительных показателей K_1 и K_2 ;

K_1 – зависит от стоимости потерь электроэнергии, количества рабочих смен на предприятии и электрической системы.

K_2 – расчетный коэффициент, определяемый сечением линий и их длиной.

Для данного случая $K_1 = 9$, $K_2 = 17$ и $\gamma = 0,6$.

$$Q_{НКУ2} = Q_p - Q_{НКУ1} - \gamma \cdot S_{т.ном} \cdot N_T = (198,9 + 75,114 + 137,48 + 6,3 + 6,75 + 6,3) - 279,732 - 0,6 \cdot 400 \cdot 2 = -328,438 \text{ квар;}$$

Так как получившееся значение $Q_{НКУ2} < 0$, то при расчете можно принять,

что $Q_{HKV2} = 0$.

Определяем суммарную мощность НКУ:

$$Q_{HKV\Sigma} = Q_{HKV1} + Q_{HKV2} = 279,732 + 0 = 279,732 \text{ квар.}$$

К установке на КТП принимаем НКУ марки 3×УКБ-0,4-75-У3

Таблица – 6 Выбор цеховых КТП

№ ТП	P_{Σ} , кВт	$S_{\text{расч.тр}}$, кВА	Тип трансформатора	$Q_{HKV\Sigma}$, квар	Тип НКУ
ТП1	250,5	630	ТМ-10/0,4	<0	Не требуется
ТП2	305	1000	ТМ-10/0,4	86,5	УКБ-0,4-50-У3 – 2 шт.
ТП3	200,8	1000	ТМ-10/6	72,773	УКБ-0,4-75-У3 – 1 шт.
ТП4	400,6	1000	ТМ-10/0,4	<0	Не требуется
ТП5	200,3	1000	ТМ-10/0,4	93,124	УКБ-0,4-50-У3 – 2 шт.
ТП6	230	400	ТМ-10/0,4	<0	Не требуется

3.4 Компенсация реактивной мощности

Для поддержания желаемого уровня напряжения и коэффициента мощности на подстанциях устанавливают компенсирующие устройства.

Экономически целесообразную реактивную мощность определим по формуле [10]:

$$Q_H = P_{\Sigma} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H; \tag{35}$$

$$Q_H = 2898,4 \cdot 0,4 = 1159,36 \text{ квар.}$$

Мощность компенсирующих устройств [18]:

$$Q_{KV} = Q_{\Sigma} - Q_n; \quad (36)$$

$$Q_{KV} = 2332,7 - 1159,36 = 1173,34 \text{ квар.}$$

Мощность компенсирующих устройств на одну секцию шин [18]:

$$Q_{KVCШ} = \frac{1,1 \cdot Q_{KV}}{2}; \quad (37)$$

$$Q_{KVCШ} = \frac{1,1 \cdot 1,16}{2} = 0,638 \text{ Мвар.}$$

На найденную мощность выбираем компенсирующие устройства 1х УКРМ- 6,3-900-450 и получим фактическую мощность:

$$Q_{ФАКТ} = 2 \cdot 900 = 1800 \text{ квар.}$$

Получим некомпенсированную реактивную мощность [18]:

$$Q_{HECK} = Q_{\Sigma} - Q_{ФАКТ}; \quad (38)$$

$$Q_{HECK} = 2332,7 - 1800 = 532,7 \text{ квар.}$$

3.5 Расчет ЦЭН и выбор места расположения ЦРП

Мощь, месторасположение и прочие параметры ЦРП в главном обуславливаются величиной и характером электрических нагрузок, размещением их на проекте, а также производственными, архитектурно-строительными и эксплуатационными требованиями. Важно, чтобы ЦРП находилась возможно ближе к центру, питаемых от нее нагрузок. Это сокращает протяженность, а следовательно, стоимость и потери в питающих и распределительных сетях электроснабжения предприятия.

С целью места расположения КТП, необходимо построить картограмму нагрузок, которая представляет собой размещение на плане цеха окружностей, площадь которых соответствует в выбранном масштабе расчётным нагрузкам.

Координаты центра нагрузок:

$$X_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \times x_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (39)$$

$$Y_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \times y_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}. \quad (40)$$

Расчет ЦЭН сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет ЦЭН ОАО «Судостроительного завода»

Наименование электроприемников	P, кВт	Q, квар	Координаты		Промежуточные расчеты			
			X	Y	P*X	P*Y	Q*X	Q*Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заготовительный цех	110	96,8	5,2	16,5	572	1815	503,36	1597,2
Сборочный цех	84	63	6,8	16,5	571,2	1386	428,4	1039,5
Монтажный цех	280	210	8,2	16,2	2296	4536	1722	3402
Деревообрабаточный цех	442	332	14,5	16,2	6409	7160	4806,8	5370,3
Токарный цех	105	123	17,5	16,2	1838	1701	2149,9	1990,2
Заготовительно-сборочный цех	14	10,5	12,2	14,4	170,8	201,6	128,1	151,2
Сборочный цех	282	212	19,3	15,2	5443	4286	4082	3214,8
Цех по производству мебели	50	44	1,25	19	62,5	950	55	836
Гараж	40	35,2	2,4	18	96	720	84,48	633,6

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Электро-механический цех	20	17,6	2,2	17	44	340	38,72	299,2
Технический цех	50	44	3,4	16,5	170	825	149,6	726
Компрессорная	50	37,5	5,9	15,1	295	755	221,25	566,25
Котельная	30	22,5	10,4	16,5	312	495	234	371,25
Столовая	36	27	9	14,8	324	532,8	243	399,6
Бомбоубежище	107	125	12,5	16,2	1338	1733	1565	2028
Медпункт	15	11,3	16,5	14	247,5	210	185,63	157,5
Склад готовой продукции	15	11,3	12,4	13,2	186	198	139,5	148,5
Кузница	200	234	8,5	18,3	1700	3660	1989	4282,2
Благмет	60	45	9	21,2	540	1272	405	954
Центральный склад	60	45	10,4	26	624	1560	468	1170
Газораздаточный пункт	15	11,3	12,4	13,2	186	198	139,5	148,5
Участок металлизации	200	234	8,5	18,3	1700	3660	1989	4282,2
Лакокрасочный склад	60	45	9	21,2	540	1272	405	954
Кооператив по изготовлению металлоконструкций	60	45	10,4	26	624	1560	468	1170
Цех горячего цинкования	50	32,5	11	23,5	550	1175	357,5	763,75
Мебельный кооператив	20	15	14,1	21,5	282	430	211,5	322,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пожарное депо	84	73,9	13,8	18,2	1159,	1529	1020,1	1345,3
Овощехранилище	84	73,9	18	18,5	1512	1554	1330,6	1367,5
Склад ГСМ	60	45	18,8	23,6	1128	1416	846	1062
Материальный склад	110	96,8	23,8	25,8	2618	2838	2303,8	2497,4
Склад отдела внешней кооперации	20	17,6	25,5	27,6	510	552	448,8	485,76
Химическая лаборатория	15	11,3	28,9	25,8	433,5	387	325,13	290,25
Санузел	200	34	22	23,1	4400	4620	748	785,4
Административное здание	50	44	26,5	23,3	1325	1165	1166	1025,2
Складской комплекс	20	15	25	21,6	500	432	375	324

В результате расчета были получены следующие данные:

Координаты центра электрических нагрузок(ЦЭН) – по активной мощности (17,07;17,77), по реактивной – (17,51;17,25)

В результате расчетов выясняем, что выбранная ЦРП попадает в центр самого предприятия, что не совсем целесообразно, поэтому смещаем ЦРП в сторону внешнего источника питания.

3.6 Выбор вариантов схемы внутреннего электроснабжения

На предприятиях применяются радиальные магистральные и смешанные схемы электроснабжения. Радиальной называется такая схема, в которой к одной линии подключена одна подстанция либо единственный высоковольтный ЭП. Радиальные схемы используются на предприятиях малой мощности, предприятиях, где нагрузка территориально разбросана и не

упорядочена по своему расположению, на предприятиях на которых предъявляются высокие требования к надежности электроснабжения. В радиальных схемах на предприятиях используется глухое присоединение трансформаторов к кабельным линиям. Превосходство радиальных схем - высокая надежность, недостаток - большое количество коммутаций.

Главная модель - если к одной линии подключено ряд понизительных подстанций. Магистральные схемы применяются в тех случаях, когда радиальные схемы являются не целесообразными или на предприятиях средней и крупной мощностей, либо присутствие у добропорядочном месторасположении электрических нагрузок.

В нашем случае целесообразно применить смешанную схему электроснабжения.

Один вариант схемы внутреннего электроснабжения завода представлен на рисунке 4.

3.7 Выбор сечения кабельных линий

С целью подбора разделений кабелей определяется расчетный ток, по таблице выбирается стандартное сечение, соответствующее ближайшему наибольшему току. Расчетный ток определяется по формуле:

$$I_{\text{наиб}} = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (41)$$

Далее определяется длительно допустимый ток для КЛ [4]:

$$I_{\text{доп}} \leq k_{\text{ср}} \cdot k_{\text{нр}} \cdot I_{\text{доп.табл}}, \quad (42)$$

где I_p - расчетный ток линии, питающей группу приемников (для линии, питающей единичный приемник, вместо I_p принимают номинальный ток приемника $I_{\text{доп}}$);

$k_{\text{ср}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий отличие температуры в

цехе от температуры, при которой заданы $I_{доп}$ в ПУЭ;

k_{np} - поправочный коэффициент, учитывающий снижение допустимой токовой нагрузки для проводов и кабелей при их многослойной прокладке в коробах.

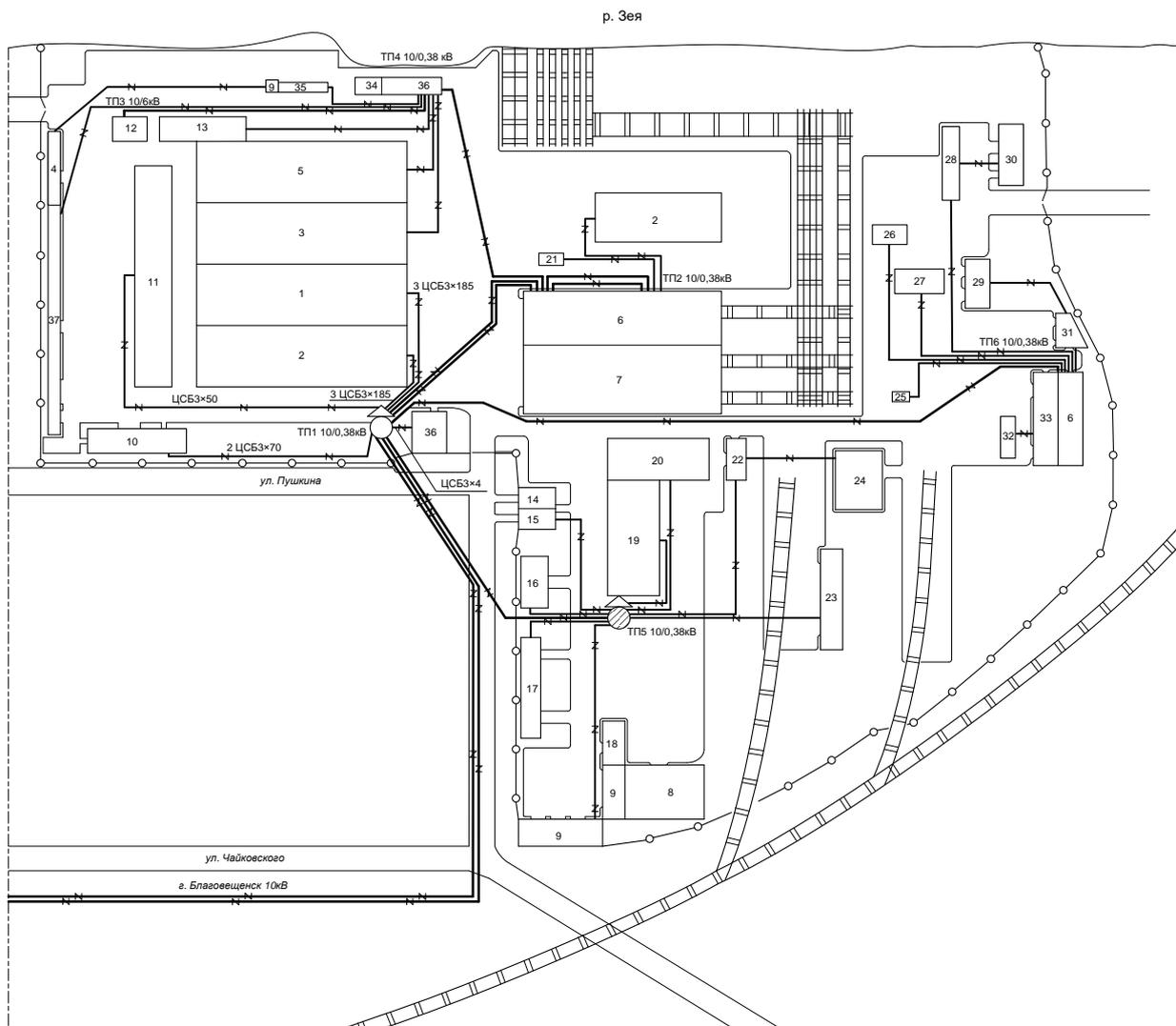


Рисунок 4 – Вариант схемы электроснабжения

Условие допустимости по нагреву для КЛ 10 кВ:

$$I_{доп} \geq I_{наиб} \cdot \quad (43)$$

Проведем расчет на примере магистрали ЦРП-ТП1

$$I_{\text{наиб}} = \frac{\sqrt{1537,25^2 + 1479,91^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 205,3 \text{ А.}$$

$$I_{\text{доп}} = 0,84 \cdot 1,1 \cdot 205,3 = 189,7 \text{ А.}$$

Выбираем кабель марки ААШв сечением 50 мм².

Результаты расчета сведены в таблицу 8 и 9.

Таблица 8 – Результаты расчета выбора КЛ для варианта №1

Линия	P_{Σ} , кВт	Q_{Σ} , квар	$I_{\text{наиб}}$, А	$I_{\text{доп}}$, А	Марка и сечение кабеля
ЦРП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4-ТП5-ТП6	1116,4	1060,8	148,2	163,2	ААШв(3х50)
ТП1-ТП4-ТП3	608,4	535,1	46,78	83,92	ААШв(3х25)
ТП1-ТП6	744,4	614,02	92,85	107,23	ААШв(3х35)
ТП1-ТП2	546,3	485,14	61,73	83,92	ААШв(3х25)
ТП1-ТП5	256,5	118,05	27,17	83,92	ААШв(3х25)

Таблица 9 – Результаты расчета выбора КЛ для варианта № 2

Линия	P_{Σ} , кВт	Q_{Σ} , квар	$I_{\text{наиб}}$, А	$I_{\text{доп}}$, А	Марка и сечение кабеля
ЦРП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4-ТП5-ТП6	1116,4	1060,8	148,2	163,2	ААШв(3х50)
ТП1-ТП4-ТП3	608,4	535,1	46,78	83,92	ААШв(3х25)
ТП1-ТП2-ТП6	886,3	749,43	118,73	124,50	ААШв(3х35)
ТП1-ТП5	256,5	118,05	27,17	83,92	ААШв(3х25)

3.8 Расчет токов КЗ

С целью расплаты токов короткого замыкания необходимо составить схему замещения, на которой должны быть указаны все сопротивления, необходимые для расчета (рис. 5).

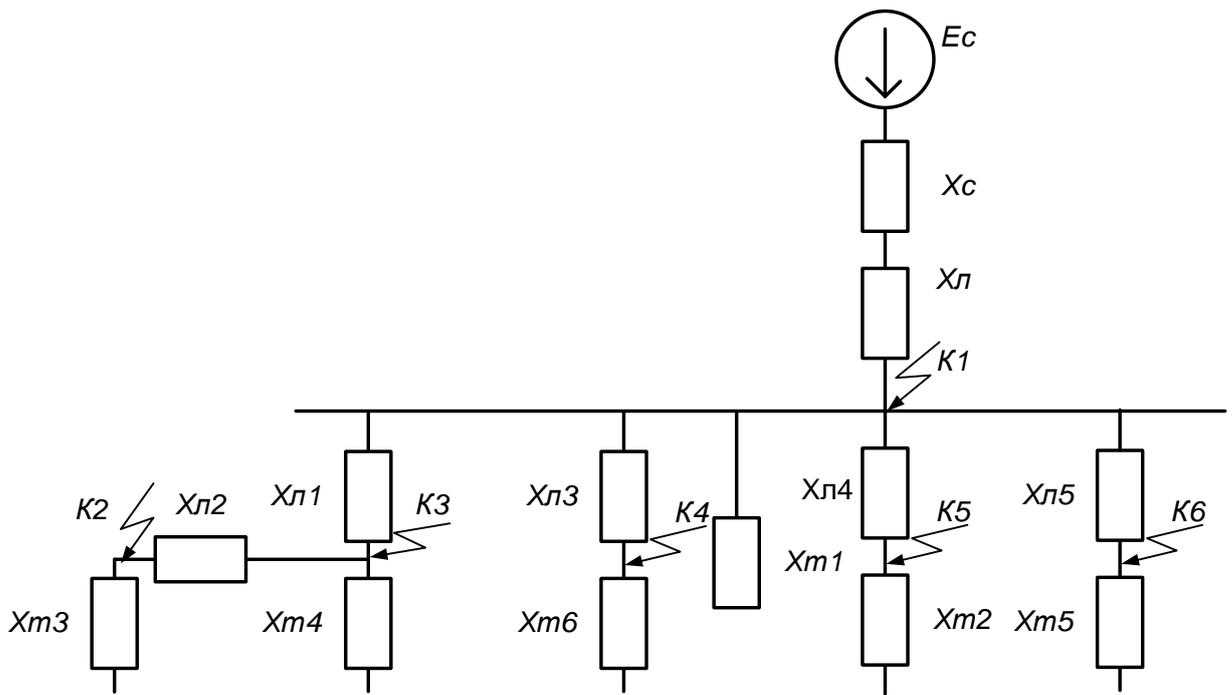


Рисунок 5 – Расчетная схема замещения

В точке K1 считается трехфазное и однофазное K3, в остальных точках - трехфазное.

Находим параметры схемы замещения.

Производим приближенный расчет в относительных единицах, для краткости обозначение «*» опускаем.

Принимаем базисные условия $S_б=100$ МВА, $U_б=6$ кВ.

Определим базисный ток

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б}; \quad (44)$$

$$I=8$$

Сопротивление системы определяется по следующей формуле [5]:

$$x_c = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot U_{баз.1}}, \quad (45)$$

где $I_{Kc}^{(3)}$ - трехфазный ток короткого замыкания системы, т.к. не задан, то

принимая равным 8,7 кА.

Сопротивление системы:

$$X_c = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 8,7 \cdot 6} = 1,106$$

Составление схемы замещения прямой последовательности и её преобразование.

Схема замещения прямой последовательности представляет собой схему, в которую все источники подпитывающие точку короткого замыкания вводятся своими ЭДС и сопротивлениями, а остальные элементы только сопротивлениями. При этом параметры элементов различных ступеней приводятся к одной ступени принятой за основную.

Схема замещения прямой последовательности представлена на рис. 5.

Сопротивление линии:

$$x_l = x_0 \cdot l_l \cdot \frac{S_\sigma}{U_{баз}^2}; \quad (46)$$

$$x_{л1} = 0,036 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{6^2} = 0,025 \text{ о.е.};$$

$$x_{л1} = 0,046 \cdot 0,25 \cdot \frac{100}{6^2} = 0,025 \text{ о.е.};$$

$$x_{л2} = 0,042 \cdot 0,075 \cdot \frac{100}{6^2} = 8,646 \cdot 10^{-3} \text{ о.е.};$$

$$x_{л3} = 0,042 \cdot 0,17 \cdot \frac{100}{6^2} = 0,02 \text{ о.е.}$$

Аналогично рассчитываются все сопротивления линии.

Произведем расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

$$X_{экв1} = X_l + X_c; \quad (47)$$

$$R_{экв1} = R_l; \quad (48)$$

$$X_{\text{экв1}} = 0,025 + 1,106 = 1,131;$$

$$R_{\text{экв1}} = 0,045.$$

Находим периодическую составляющую $K^{(3)}$ в точке К1 [5]:

$$I_{a,0,к1} = I_{\sigma} \cdot \frac{1}{X_{\text{экв1}}}; \quad (49)$$

$$I_{\text{П01}} = 9,623 \cdot \frac{1}{1,131} = 8,51 \text{ кА}$$

Постоянная времени затухания аperiodической составляющей:

$$T_a = \frac{X_{\text{экв1}}}{314 \cdot R_{\text{экв1}}}; \quad (50)$$

$$T_{a,к1} = \frac{1,131}{314 \cdot 0,045} = 0,08 \text{ с.}$$

Находим аperiodическую составляющую $K^{(3)}$ в точке К1 в заданный момент времени [5]:

$$i_{a,t,к1} = i_{a,0,к1} \cdot e^{-\frac{t}{T_{a,к1}}}; \quad (51)$$

$$i_{a,t,к1} = 12,035 \cdot e^{-\frac{0,01}{0,08}} = 10,628 \text{ кА.}$$

где t – время наступления ударного тока короткого замыкания ($t=0.01$ с).

Далее определяем ударный ток:

$$K_{y\partial к1} = 1 + e^{-\frac{t}{T_{a,к1}}}; \quad (52)$$

$$K_{y\partial к1} = 1 + e^{-\frac{t}{T_{a,к1}}} = 1,883;$$

$$i_{y\partial.k1} = \sqrt{2} \cdot I_{n.0.k1} \cdot K_{y\partial.k1}; \quad (53)$$

$$i_{y\partial.k1} = \sqrt{2} \cdot 8,51 \cdot 1,883 = 22,663 \text{ кА.}$$

Таблица 10 – Расчет трехфазного КЗ

Точка КЗ	$I_{\Pi 0}^{(3)}$, кА	i_{a0} , кА	i_{at} , кА	$I_{уд}$, кА
К1	6,32	11,48	9,85	22,66
К2	5,79	10,89	4,21	15,26
К3	5,31	10,48	7,98	20,24
К4	5,23	10,66	6,21	17,54
К5	5,13	10,47	5,98	17,46
К6	5,08	10,14	4,12	14,89

3.9 Выбор и проверка оборудования

3.9.1 Выбор и проверка комплектного распределительного устройства

Комплектное распределительное устройство (КРУ) – это распределительное устройство, состоящее из закрытых шкафов с встроенными в них аппаратами, измерительными и защитными приборами и вспомогательными устройствами. Комплектные сортировочные приборы на напряжение 6 кВ по способу установки в них аппаратов и приборов разделяют на 2 вида: КСО и КРУ.

В распределительных устройствах с камерами КСО электрооборудование, аппараты и приборы смонтированы стационарно без выдвижных элементов с частичным ограждением, а в устройствах с камерами КРУ — на выкатной тележке с выдвижными элементами, в шкафах, являющихся одновременно их сплошным защитным ограждением. Шкафы КРУ бывают одностороннеприслонного типа) и двустороннего (свободностоящие с проходами с обеих сторон) сервиса. Камеры КСО

предназначаются только лишь с целью однобокого обслуживания и устанавливаются в электротехнических комнатах.

Принимаем к установке комплектные распределительные устройства.

Управление-СЭЩ-61 констатипуемые в модульном здании.

КРУ поставляются отдельными шкафами с элементами для стыковки шкафов в распреустройстве

Конструкция СЭЩ-61 имеет:

росоустойчивую фарфоровую изоляцию;

все безисключения высоковольтных коммутационных агрегатов, расположенных на выкатных частях;

высокочувствительную дуговую охрану с использованием фототиристоров, дуговую защиту на оптоволоконных элементах и др.;

автоматическое регулирование температуры и влажности;

работоспособность при землетрясении силой 9 баллов;

высокую степень заводской готовности;

малые сроки монтажа;

Высокая безопасность в работе комплектных распределительных устройств серии КРУ-СЭЩ-61 обеспечивается:

надежной блокировкой от неправильных действий обслуживающего персонала;

автоматически работающими шторками, защищающими обслуживающий персонал от случайного прикосновения к токоведущим частям под напряжением;

возможностью заземления любого участка главных цепей с помощью стационарно установленных заземляющих разъединителей.

Технические данные шкафа КРУ-СЭЩ-61:

Номинальное напряжение, кВ – 6; 10.

Наибольшее рабочее напряжение, кВ – 7,2;

Ток главных цепей, А – 630; 1000; 1600; 2000; 3150.

Номинальный ток сборных шин, А - 1000; 1600; 2000; 3150,4000.

Ток термической стойкости, при времени протекания 3с., кА – 40; 40

Номинальный ток электродинамической стойкости, кА –128; 128.

Климатическое исполнение и категория размещения – УХЛ3.

Обслуживание – двухстороннее.

Наличие выкатных элементов - с выкатным; без выкатного.

Вид линейных присоединений - кабельный; шинный.

Габаритные размеры, мм., ШхГхВ - 1025x830x1025.

Шкафчики СЭЩ-61М комплектуются:

- коммутатор диффузный;
- разъединители РВЗ, РВФЗ;
- трансформаторы тока ТОЛ-6;
- трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛК-1;
- предохранители высоковольтные ПКН;
- преобразователь напряжения ЗНОЛ,НОЛ;
- преобразователь собственных нужд ОЛС (6,10) кВ, ТЛС (6,10);
- релейная защита, сделанная на электромеханических реле (МТЗ, КЗ,

АПВ и др.)

- микропроцессорная защита, выполненная на блоках Орион, Сириус,

Темп и др.

- счетчики учета электроэнергии, приборы учета.
- ограничители перенапряжения ОПН.

3.9.2 Выбор и проверка выключателя встроенного в КРУ

Выключатели предпочитают согласно стандартному распорядку и проверяют на отключающую способность и на стойкость токам КЗ.

Требования выбора следующие:

- напряженность конструкции;
- роду тока и его величине;
- полезное исполнение;
- коммутационная способность.

Определим максимальный расчетный ток:

$$I_{P_{\max}} = \frac{\sqrt{P_{\text{нн}}^2 + Q_{\text{нн}}^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{\sqrt{2898,4^2 + 2332,7^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 358 \text{ A}$$

Примем к установке элегазовый выключатель LF1.

Таблица 11 – Выбор и проверка выключателя LF1 на стороне 6 кВ

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ}$	6	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$
$I_{\text{ном}} = 630 \text{ A}$	360	$I_{\text{раб.мах}} \leq I_{\text{ном}}$
$I_{\text{скв}} = 25 \text{ кА}$	22	$I_{\text{скв}} \geq I_{\text{уд}}$
$I_{\text{терм}} = 25 \text{ кА}$ $I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{откл}} = 1875 \text{ кА}^2$	150	$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{откл}}$
$I_{\text{вкл}} = 25 \text{ кА}$	8	$I_{\text{П0}} \leq I_{\text{вкл}}$
$I_{\text{откл}} = 25 \text{ кА}$		$I_{\text{П0}} \leq I_{\text{откл}}$
$i_{\text{Аном}} = 20 \text{ кА}$	10	$i_{\text{Ат}} \leq i_{\text{Аном}}$

Выберем секционный выключатель, который должен будет обеспечивать автоматический ввод резерва в случае исчезновения питания на одной из секций шин.

Расчетный ток для секционного выключателя такой же, как и для выключателя, встроенного в КРУ. Для такого тока применим элегазовый выключатель LF1 [7].

3.9.3 Выбор и проверка выключателя на отходящие присоединения

Для примера произведем выбор выключателя для магистрали ЦРП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4-ТП5-ТП6.

Определим максимальный расчетный ток:

$$I_P = \frac{\sqrt{1537.25^2 + 1479.91^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 205,3 \text{ А.}$$

Примем для установки элегазовый выключатель LF1

Таблица 12 – Выбор и проверка выключателей для магистрали ЦРП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4-ТП5-ТП6.

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$	6	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{ном} = 630 \text{ А}$	150	$I_{раб.мах} \leq I_{ном}$
$I_{скв} = 25 \text{ кА}$	21	$I_{скв} \geq I_{уд}$
$I_{терм} = 25 \text{ кА}$ $I_{терм}^2 \cdot t_{откл} = 1875 \text{ кА}^2$	150	$B_k \leq I_{терм}^2 \cdot t_{откл}$
$I_{вкл} = 25 \text{ кА}$	9	$I_{ПО} \leq I_{вкл}$
$I_{откл} = 25 \text{ кА}$		$I_{ПО} \leq I_{откл}$
$i_{Аном} = 20 \text{ кА}$	8,8	$i_{At} \leq i_{Аном}$

Для остальных присоединений выбор аналогичен, результат выбора сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Выбор и проверка выключателей

Отходящее присоединение	I_p, A	Марка выключателя	$I_{НОМ}, A$
ЦРП-ТП1-ТП2-ТП3-ТП4-ТП5-ТП6	205,2858727	<u>LF1</u>	630
ТП1-ТП4-ТП3	79,54368924	<u>LF1</u>	630
ТП1-ТП6	83,33215097	<u>LF1</u>	630
ТП1-ТП2	37,87456411	<u>LF1</u>	630
ТП1-ТП5	83,54334097	<u>LF1</u>	630

3.9.4 Выбор и проверка трансформатора тока

На секционном выключателе и на отходящих присоединениях выберем трансформатор тока ТОЛК-5-УХЛ1

Таблица 14 – Нагрузка вторичных цепей

Прибор	Цепь	Тип	Нагрузка по фазам, ВА		
			А	В	С
Амперметр	Ввод 6 кВ	Ртутный 230 ART2	А	В	С
Ваттметр			-	-	-
Ваттметр					
Прибор	Цепь	Тип	Нагрузка по фазам, ВА		
Счетчик РЭ			<u>7,5</u>	<u>7,5</u>	<u>7,5</u>
Итого					
Амперметр	Секционный выключатель	Ртутный 230 ART2	<u>7,5</u>	-	<u>7,5</u>
Итого					

Для выбора трансформатора тока необходимо определить нагрузку вторичной обмотки:

$$Z_2 \leq Z_{2НОМ}, \quad (54)$$

где Z_2^2 - вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z_{2НОМ}$ - номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому:

$$Z_2 \approx R_2.$$

Вторичная нагрузка R_2 состоит из сопротивления приборов $R_{ПРИБ}$, сопротивления соединительных проводов $R_{ПР}$ и переходного сопротивления контактов R_K :

$$R_2 = R_{ПРИБ} + R_{ПР} + R_K \quad (55)$$

Нагрузка на трансформатор тока определяется по формуле:

$$Z_2 = r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_k, \quad (56)$$

$$r_{пр} = Z_{2ном} - r_{приб} - r_k, \quad (57)$$

где $r_{ПР}$ - сопротивление проводов, Ом;

$r_{2НОМ}=30$ Ом - допустимое сопротивление нагрузки на трансформатор тока;

$r_{ПРИБ}$ - суммарное сопротивление приборов подключенных к трансформаторам тока.

$$r_{ПРИБ} = \frac{S_{ПРИБ}}{I_{2Н}^2} = \frac{7,5}{5^2} = 0,3 \text{ Ом},$$

где $S_{ПРИБ}$ - мощность, потребляемая приборами, ВА;

I_2 - вторичный номинальный ток прибора, $I_2=5$ А.

Переходное сопротивление контактов принимается равным $R_K = 0,1$ Ом.

Таким образом приближенное сопротивление провода будет:

$$r_{пр} = 1,2 - 0,3 - 0,1 = 0,8 \text{ Ом}$$

Сечение провода определяется по формуле:

$$S = \frac{\rho \cdot l}{r_{np}}, \quad (58)$$

$$S = \frac{0,0283 \cdot 60}{0,8} = 2,1 \text{ мм}^2$$

где l - длина соединительного кабеля, которая зависит от напряжения, м;
 $\rho = 0,0283$ - удельное сопротивление материала (алюминий).

Получаем провод АКРНГ с сечением четыре мм², тогда сопротивление провода будет равно:

$$r_{np} = \frac{\rho \cdot l}{S_{np}}; \quad (59)$$

$$r_{np} = \frac{0,0283 \cdot 60}{4} = 0,42 \text{ мм}^2.$$

Тогда сопротивление нагрузки будет равно:

$$Z_2 = r_2 = 0,3 + 0,42 + 0,1 = 0,82 \text{ Ом}.$$

Сравнение каталожных и расчетных данных для трансформатора тока представлено в таблице 15.

Таблица 15 - Сравнение каталожных и расчетных данных

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$	7	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{ном} = 200 \text{ А}$	150	$I_{раб.макс} \leq I_{ном}$
$Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$	0,92	$Z_2 \leq Z_{2ном}$
$I_{дин} = 39 \text{ кА}$	23	$I_{уд} \leq I_{дин}$
$B_t = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	149	$B_k \leq B_t$

3.9.5 Выбор трансформатора напряжения

На стороне 6 кВ выберем измерительные трансформаторы напряжения типа ЗНОЛ-6У2 со встроенным предохранителем [10].

Определим вторичную нагрузку трансформатора напряжения для первой секции шин (для остальных аналогично), и результаты занесем в таблицу 16.

Таблица 16 – Вторичная нагрузка ТН на стороне 6 кВ

Прибор	Тип	Количество приборов	Мощность катушки, ВА	Количество катушек	Суммарная мощность катушки, ВА
Вольтметр	Меркурий 230 ART2	1	4	1	4
Ваттметр		1	5	2	10
Варметр		1	5	2	10
Счетчик АЭ		8	0,1	2	1,6
Счетчик РЭ		8	0,1	2	1,6
Итого					27,2

Каталожные данные приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Каталожные данные ЗНОЛ-6У2

Наименование параметра	Параметры		Значение параметра для трансформатора напряжения
	Обозначение	Ед.измерения	
Номинальное линейное напряжение	$U_{ном}$	кВ	6
Номинальное напряжение вторичной обмотки	$U_{2об.ном}$	В	0,1
Номинальная мощность вторичной обмотки с классом точности 0,5	$S_{2ном}$	ВА	50

Результаты выбора трансформатора напряжения показаны в таблице 18.

Таблица 18– Выбор трансформатора напряжения на стороне 6 кВ

Каталожные данные трансформатора напряжения ЗНОЛ-6		Место установки ТН и расчетные данные необходимые для сравнения с каталожными
		1,2 системы шин на стороне 6 кВ
$U_{ном}, кВ$	6	6
$S_{2ном}, ВА$	50	27,2

3.9.6 Выбор ограничителей перенапряжений

Для ограничителя перенапряжения (ОПН) основными характеристиками являются:

- класс номинального напряжения;
- наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение;
- пропускная способность по току;
- максимальная амплитуда импульса тока.

Чтобы определить расчётную величину рабочего напряжения ограничителей необходимо знать расчётную величину максимального допустимого на ограничителе напряжения $U_{н.р.}$, которое для сетей 6 кВ определяется по формуле:

$$U_{н.р.} = 1,2 \cdot U_{ном.сети}; \quad (60)$$

$$U_{н.р.} = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ кВ}$$

Время действия повреждения (время действия релейной защиты) составляет – 0,5 сек. В соответствии с этим коэффициент K_B , учитывающий увеличение величины допустимого напряжения за счет сокращения кратности воздействия на ОПН исходя из условий теплового баланса, имеет значение равное 1,23.

Расчетная величина длительного допустимого напряжения на ограничителе определяется по формуле:

$$U_{p.n.p.} = \frac{U_{н.р.}}{K_B}; \quad (61)$$

$$U_{p.n.p.} = \frac{7,2}{1,23} = 5,854 \text{ кВ}$$

По длительному допустимому напряжению выбираем ОПН-Т-6/17,2 УХЛ.[10]

При выборе ОПН за основу принимается поглощаемая ограничителем энергия, которая предварительно определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \left(\frac{U - U_{ост}}{Z} \right) \cdot U_{ост} \cdot 2T \cdot n$$

где U – величина неограниченных перенапряжения;

$U_{ост}$ – остающееся напряжение на ограничителе, кВ; $U_{ост} = 17,2$ кВ;

Z – волновое сопротивление линии, $Z = 70$ Ом;

T – время распространения волны;

n – количество последовательных токовых импульсов, $n = 2$.

Значение U можно рассчитать по формуле:

$$U = \frac{U_0}{1 + k \cdot l \cdot U_0}, \quad (62)$$

где U_0 – напряжение волны перенапряжений в месте ее возникновения;

k – коэффициент полярности, $k = 0,2 \cdot 10^{-3}$;

l – длина защищенного подхода.

$$U = \frac{45}{1 + 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 45} = 44,204 \text{ кВ}$$

Время распространения волны рассчитывается по следующей формуле:

$$T = \frac{l}{\beta \cdot c}, \quad (63)$$

где β – коэффициент затухания волны;
 c – скорость распространения волны.

$$T = \frac{3}{0,91 \cdot 2,7} = 1,221 \text{ мкс.}$$

Таким образом, поглощаемая энергия:

$$\mathcal{E} = \frac{(44,204 - 45)}{70} \cdot 45 \cdot 2 \cdot 1,221 \cdot 2 = 32,407 \text{ кДж.}$$

Определяем удельную энергоемкость:

$$\mathcal{E}^* = \frac{\mathcal{E}}{U_{ном}}; \quad (64)$$

$$\mathcal{E}^* = \frac{32,407}{10} = 3,241 \text{ кДж/кВ.}$$

Окончательно выбираем ОПН-Т-6/17,2 УХЛ фирмы «Таврида Электрик» с удельной энергоемкостью 4,0 кДж/кВ.

3.9.7 Выбор АКБ

С целью питания сетей управления, автоматики и сигнализации, а кроме того с целью осияние станции применяется конструкции непрерывного тока аккумуляторными батареями. В линии ситуации в свойстве своевременного тока применяется эффективный электроток либо распрямленный особыми тиристорными (вентильными) преобразователями непрерывный электроток. Применение неустойчивого либо испрямленного своевременного тока дает возможность воздержаться с дорогих сильных аккумуляторных батарей и значительно облегчить своевременные цепочки.

Аккумуляторной батареи выбирают по необходимой емкости, уровнем напряжения в аварийном режиме и схеме присоединения к шинам.

Напряжённость присутствии данном в составляющем в основе ряда является 2,15 В, а возможное напряжённость в завершении абсолютного ряда в получасовом порядке берется одинаковым 1,75 В. Количество элементов, присоединяемых к шинам в режиме постоянного подзаряда определяется по формуле [10]:

$$n_0 = \frac{U_{ш}}{U_{ПЗ}}; \quad (65)$$

где n_0 – число основных элементов в батарее, шт;

$U_{ш}$ - напряжение на шинах, принимаем равным 230 В;

$U_{ПЗ}$ – напряжение на элементе в режиме подзаряда(2,15 В).

$$n_0 = \frac{230}{2,15} = 108 \text{ шт.}$$

В режиме заряда при максимальном напряжении на элементе 2,6 В к шинам присоединяется минимальное число элементов:

$$n_{\min} = \frac{U_{ш}}{2,16}; \quad (66)$$

$$N = 80$$

В режиме аварийного заряда при напряжении на элементе 1,75 В к шинам присоединяется:

$$n_{\min} = \frac{U_{ш}}{1,75}; \quad (67)$$

$$N = 125$$

Рассчитаем количество добавочных элементов:

$$n_{\text{доб}} = n - n_0; \quad (68)$$

$$n_{\text{доб}} = 130 - 108 = 22 \text{ шт.}$$

Таким образом, типовой номер батареи N выбирается по формуле [10]:

$$N \geq 1,05 \cdot \left(\frac{I_{AB}}{J} \right); \quad (69)$$

где I_{AB} – нагрузка установившегося получасового (часового) аварийного разряда, А;

1,05 – коэффициент запаса;

J – допустимая нагрузка аварийного разряда, А/Н, приведенная к первому номеру аккумуляторов, в зависимости от температуры электролита.

Полученный номер округляется до ближайшего большего типового номера.

Определяем нагрузку установившегося получасового аварийного разряда [10]:

$$I_{AB} = I_{\text{выкл}(220)} + I_{\text{выкл}(10)} + I_{\text{привод}} + I_{\text{преобр}}; \quad (70)$$

$$I_{AB} = 22,5 + 13,2 + 200 + 30 = 266 \text{ А};$$

$$N = 1,05 \cdot \left(\frac{266}{24} \right) = 12.$$

Выбранный аккумулятор необходимо проверить по наибольшему толчковому току по следующему неравенству [10]:

$$46 \cdot N = I_{T.MAX}, \quad (71)$$

где 46 – коэффициент, учитывающий допустимую перегрузку.

$$I_{T.MAX} = I_{AB} + I_{np}, \quad (72)$$

где I_{np} – ток, потребляемый электромагнитными приводами выключателей, включающихся в конце аварийного режима, равный 20 А.

$$I_{T.MAX} = 266 + 30 = 296 \text{ A};$$

$$552 \text{ A} \geq 270 \text{ A}.$$

Напряжение подзарядного устройства определяется по условию [10]:

$$U \geq 2,15 \cdot n_0; \quad (73)$$

$$U \geq 2,15 \cdot 108 = 232,2 \text{ В}.$$

Зарядное устройство рассчитывается на ток разряда [10]:

$$I_{AK} \geq 5 \cdot N + I_{II}, \quad (74)$$

где I_{II} - ток постоянно включенной нагрузки.

$$I_{AK} \geq 5 \cdot 12 + 20 = 80 \text{ А}.$$

Определяем напряжение в конце заряда [10]:

$$U_{\text{заряда}} \geq 2,75 \cdot n; \quad (75)$$

$$U_{\text{заряда}} \geq 2,75 \cdot 130 = 357,5 \text{ В}.$$

Выбираем аккумуляторные батареи марки СК-12.

3.9.8 Выбор опорных и проходных изоляторов

Твёрдые шины в распределительных устройствах крепятся на опорных изоляторах. Выбираем опорный полимерный изоляторы **ИОЭЛ – 6 – 8 – 065 – 00 УХЛ2**.

Выбор опорных изоляторов производится по напряжению, роду установки и допускаемой механической нагрузке.

Выбор по номинальному напряжению:

$$U_{уст} \leq U_{ном},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 6 \text{ кВ}.$$

По допустимой нагрузке:

$$F_{расч} \leq F_{доп},$$

где – $F_{расч}$ - сила, действующая на изоляторнама;

$F_{доп}$ - допустимая нагрузка на головку изолятори.

При горизонтальном расположении изоляторов расчетная сила,[11]:

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{уд.к1}^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-7}, \quad (76)$$

где a – расстояние между фазами, м.

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{22660^2 \cdot 1,4}{2} \cdot 10^{-7} = 62,26 \text{ Н.}$$

Расчетная нагрузка на изолятор $F_{расч}$ в многопролетной шинной системы определяется расчетной нагрузкой шин на один промежуток. Согласно ПУЭ расчетная нагрузка не должна превышать 60% от разрушающей нагрузки $F_{разр}$, приводимой в паспортных данных на изоляторы, и должны соблюдаться следующие условия при выборе изоляторов [11]:

$$F_{расч} = 0,6F_{разр} = F_{доп}, \quad (77)$$

$$F = 6000$$

$$62,26 \text{ Н} \leq 6000 \text{ Н.}$$

Так как все условия выполняются, то изоляторы выбраны правильно.

Выбор проходных изоляторов на стороне НН. Выбираем изолятор ИП-6/400-3,75 УХЛ2.

По аналогичным условиям проверяются и проходные изоляторы, только добавляется условие выбора по номинальному току:

$$I_{раб.маx} \leq I_{ном} \quad (78)$$

Расчетная сила находится по формуле:

$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{i_{уд.к1}^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-7}, \quad (79)$$

$$F = 250$$

Допустимая нагрузка на головку изолятора:

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 8000 = 4800 \text{ Н}$$

Сравнение расчетных и каталожных данных приведено в таблице 19.

Таблица 19 – Сопоставление расчётных и каталожных данных

Расчетные данные	Справочные данные	Условия выбора
$U_{ном} = 6 \text{ кВ}$	6	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$F_{доп} = 4800 \text{ Н}$	250	$F_{доп} \geq F_{расч}$
$I_{расч} = 340,1 \text{ А}$	450	$I_{расч} \leq I_{ном}$

3.9.9 Выбор ошиновки

В РУ 6-10 кВ ошиновка и сборные шины выполняются жесткими алюминиевыми шинами. Медные шины из-за высокой их стоимости не применяются даже при больших токовых нагрузках. При токах до 3000 А применяются однополосные и двухполосные шины. При больших токах рекомендуются шины коробчатого сечения. Сборные шины и ответвления от них к электрическим аппаратам (ошиновка) 6 – 10 кВ из проводников прямоугольного или коробчатого профиля крепятся на опорных изоляторах [10].

В КРУ 6 – 10 кВ применяется жёсткая ошиновка.

Расчётный ток [10]:

$$I_{расч} = 340,1 \text{ А.}$$

Выбираем сечение шин по допустимому току. Принимаем алюминиевые шины АДЗ1Т1 прямоугольного сечения 40×4 мм с длительно допустимым током 480 А.

С целью подбора шин обязано выполняться условие нагрева в продолжительном режиме:

$$I_{расч} \leq I_{дон} \text{ А.} \quad (80)$$

$$340,1 \text{ А} \leq 480 \text{ А.}$$

Требование производится.

Проверяем шины на термическую устойчивость:

Минимальное сечение по условию термической стойкости:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}, \quad (81)$$

$$Q=140$$

где $C = 90$ - для алюминиевых шин и кабелей;

q – поперечное сечение шины;

q_{min} – минимальное сечение провода;

B_K - расчетный импульс квадратичного тока КЗ.

$$q_{min} < q_{станд}, \quad (82)$$

$$136,35 \text{ мм}^2 < 160 \text{ мм}^2.$$

Определяем пролёт при условии, что частота собственных колебаний будет больше 200 Гц [10]:

$$l^2 \leq \frac{173,2}{200} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}},$$

где l - длина пролёта между осями изоляторов;

J - момент инерции.

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}; \quad (83)$$

$$J = \frac{0,16 \cdot 10^3}{12} = 13,3 \text{ см}^2;$$

$$l^2 \leq \frac{173,2}{200} \cdot \sqrt{\frac{13,3}{8}} = 1,1 \text{ м}^2;$$

$$l \leq 1 \text{ м.}$$

Подобным образом, принимаем расположение шин плашмя, пролёт 1 м.

Механический расчет однополосных шин.

Наибольшее удельное усилие при трехфазном КЗ, Н/м определяется по выражению [10]:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i_{yd.k1}^2}{a} \text{ Н / м,} \quad (84)$$

где a - расстояние между фазами, м; 25 см;

$$f=340$$

Равномерно распределенная сила f создают изгибающий момент M (шина рассматривается как многопролетная балка, свободно лежащая на опорах) [10]:

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10}, \quad (85)$$

где l - пролет между опорными изоляторами шинной конструкции, =1 м.

$$M=36$$

Напряжение в материале шины при воздействии изгибающего момента:

$$\sigma_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_{\text{уд.кл}}^2 \cdot l^2}{W \cdot a}$$

где W - момент сопротивления шины, который определяется:

$$W_a = \frac{0,16 \cdot 10^2}{6} = 2,67 \text{ см}^3;$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{22660^2 \cdot 1^2}{2,67} = 3,33 \text{ МПа}$$

Шины механически высокопрочны, если $\sigma_{\text{расч}} < \sigma_{\text{доп}}$, т.е $3,33 \text{ МПа} < 89 \text{ МПа}$ (для шины марки АД31Т1), а также $\sigma_{\text{доп}} < 0,7 \sigma_{\text{разр}}$, т.е $89 < 0,7 \cdot 130 = 91$. Условия механической прочности соблюдены.

3.9.10 Выбор сечения кабельных линий для производственных помещений

Расчет производим аналогично расчету, представленному в пункте 3.7.

Результаты расчета показаны в таблице 20.

Таблица 20 – Выбор сечений КЛ для питания производственных помещений

Помещение	P_{Σ} , кВт	Q_{Σ} , квар	$I_{\text{наиб}}$, А	$I_{\text{доп}}$, А	Марка и сечение кабеля
1	2	3	4	5	6
Заготовительный цех	110	96,8	211,5	253,2	ВББШв 3*95
Сборочный цех	84	63	151,55	163,5	ВББШв 3*50

Монтажный цех	280	210	252,6	253,2	2 кабеля ВББШв 3*95
Деревообработочный цех	442	331,5	398,7	461,1	2 кабеля ВББШв 3*240
Токарный цех	105	122,85	233,3	253,2	ВББШв 3*95
Заготовительно-сборочный цех	14	10,5	25,3	34,19	ВББШв 3*4
Сборочный цех	282	211,5	254,4	253,2	2 кабеля ВББШв 3*95
Цех по производству мебели	50	44	96,13	106,3	ВББШв 3*25
Гараж	40	35,2	76,9	80,39	ВББШв 3*16
Электро-механический цех	20	17,6	38,5	45,28	ВББШв 3*6
Технический цех	30	22,5	54,13	60,98	ВББШв 3*10
Компрессорная	36	27	64,95	80,39	ВББШв 3*16
Котельная	107	125,19	237,7	253,2	ВББШв 3*85
Столовая	15	11,25	27,06	34,19	ВББШв 3*4
Бомбоубежище	15	11,25	27,06	34,19	ВББШв 3*4
Медпункт	200	234	444,3	461,1	ВББШв 3*240
Склад готовой продукции	60	45	108,25	130,3	ВББШв 3*25
Кузница	20	15	36,08	45,28	ВББШв 3*6
Благмет	50	32,5	86,07	106,3	ВББШв 3*25
Центральный склад	20	15	36,08	45,28	ВББШв 3*6
Газораздаточный пункт	84	73,92	161,5	163,5	ВББШв 3*50
Участок металлизации	84	73,92	161,5	163,5	ВББШв 3*50

Продолжение таблицы 20

Лакокрасочный склад	60	45	108,25	130,3	ВББШв 3*35
Кооператив по изготовлению металлоконструкций	110	96,8	211,5	253,2	ВББШв 3*95
Цех горячего цинкования	20	17,6	38,45	45,28	ВББШв 3*6
Мебельный кооператив	15	11,25	27,06	34,19	ВББШв 3*4
Пожарное депо	200	34	292,82	296,6	ВББШв 3*120
Овощехранилище	50	44	96,13	130,3	ВББШв 3*25
Склад ГСМ	20	15	36,08	45,28	ВББШв 3*6
Химическая лаборатория	50	37,5	90,21	106,3	ВББШв 3*35
Санузел	250	187,5	451,05	461,1	ВББШв 3*240
Административное здание	240	180	433,01	461,1	ВББШв 3*240
Складской комплекс	100	173	288,42	296,6	ВББШв 3*120

3.9.11 Выбор трансформаторов собственных нужд

Структура потребителей собственных нужд подстанций зависит от типа подстанции, мощности трансформаторов, наличия синхронных компенсаторов, типа электрооборудования.

Наиболее ответственными потребителями с. н. подстанций считаются оперативные цепи, система связи, телемеханики, система охлаждения трансформаторов, аварийное освещение, система пожаротушения, электроприемники компрессорной.

Мощность потребителей с. н. невелика, поэтому они присоединяются секторная получает 380/220 В питание от понижающих трансформаторов.

Мощность трансформаторов с. н. выбирается по нагрузкам с. н. с учетом коэффициентов загрузки и одновременности, при этом отдельно учитываются летняя и зимняя нагрузки, а также нагрузка в период ремонтных работ на подстанции [3].

В дипломном проектировании основные нагрузки можно определить по типовым проектам ПС, по каталогам. Данные по нагрузке приведены.

Таблица 21 – Потребители ТСН

Нагрузка	P, кВт	cos (φ)	tg (φ)	Q, квар
Система охлаждения	6	0,85	0,62	3,7
Подогрев шкафов КРУ 6 кВ	48	0,95	0,33	15,8
Подогрев приводов разъединителей	8,4	0,95	0,33	2,8
Подогрев релейного шкафа	4	0,95	0,33	1,3
Освещение	2	0,95	0,33	0,66
Маслохозяйство	75	0,85	0,62	46,5
Всего	143,4			70,76

ТСН расчетная суммарная мощность определится по выражению [18]:

$$S_{расч} = \kappa_c \cdot P_{с.н.}, \quad (86)$$

где κ_c – коэффициент спроса, учитывающий коэффициенты одновременности и загрузки, равен 0,8;

$P_{с.н.}$ – расчетная нагрузка всех присоединенных электроприемников.

$$S_{расч} = 0,8 \cdot (143,4) = 114,72 \text{ кВА.}$$

Определяем мощность трансформатора по формуле [18]:

$$S_{тсн.расч} = \frac{S_{расч}}{N_{с.н.} \cdot \beta_3}, \quad (87)$$

где $N_{с.н.}$ – число трансформаторов СН, принимаем равным 4.

$$S_{тсн.расч} = \frac{143,4}{4 \cdot 0,7} = 51 \text{ кВА.}$$

Выбираем ТМ 63/10.

3.10 Релейная защита и автоматика

3.10.1 Назначение релейной защиты

Главным назначением приборов релейной защиты является выявления в сети короткого замыкания и автоматическое отключение поврежденного элемента от остальной неповрежденной части сети воздействием на соответствующий выключатель. Кроме того, как при возникновении ненормальных режимов работы сети (перегрузки, замыкания на землю в сети с малыми токами замыкания на землю и др.) задачей релейной защиты является сигнализация о возникшей неисправности.

Безопасность работы электрических сетей может быть значительно повышена применением устройств автоматического ввода резерва (АВР).

Ко всем устройствам релейной защиты предъявляются требования:

- селективности (избирательности), что подразумевает способность защиты правильно определять место повреждения и отключать ближайший к месту повреждения выключатель;
- быстродействия, т.е. отключения поврежденного участка с минимально возможным временем;
- чувствительности, т.е. способности защиты реагировать на возникшее короткое замыкание в зоне ее действия;
- надежности.

Условия должны быть положены в основу выбора принципов, расчетами выполнения схем защиты.

Устройства автоматического включения резервного источника (АВР) предусматриваются на подстанциях, от отдельно работающих секций шин

которых получают питание потребители I и II категории по степени надежности электроснабжения.

Применяют различные схемы АВР, однако все они должны удовлетворять изложенным ниже основным требованиям:

1. В состоянии постоянной готовности и быть к действию и срабатывать при прекращении питания потребителей по любой причине, и наличии нормального напряжения на другом, резервном для данных потребителей источнике питания.

2. Обладать минимально возможное время срабатывания. Это необходимо для сокращения продолжительности перерыва питания потребителей и обеспечения самозапуска электродвигателей.

3. Владеть однократностью действия, что необходимо для предотвращения многократного включения резервного ключа.

3.10.2 Релейная защита секционного выключателя

Применяется максимальная токовая защита с ускорением после АВР.

Номинальный ток:

$$I_{ном} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}; \quad (88)$$

$$I=0.2$$

Сопротивление обобщенной нагрузки секции шин:

$$X_{нагр} = \frac{X_{нагр} \cdot U_n^2}{S_{ном} \cdot K_q}; \quad (89)$$

$$X=4$$

Ток самозапуска одной секции:

$$I_{с.зн} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot (X_{срез.мах} + X_{нагр})}; \quad (90)$$

$$I=1$$

Коэффициент самозапуска:

$$K_{сзн} = \frac{I_{сзн}}{I_{ном} \cdot K_{\chi}}; \quad (91)$$

$$K_{сзн} = \frac{1,03}{0,196 \cdot 0,92} = 5,71.$$

Максимальный нагрузочный ток:

$$I_{нагр.мах} = K_{\chi} \cdot K_{сзн} \cdot I_{ном} + K_{\chi} \cdot I_{ном}; \quad (92)$$

$$I_{нагр.мах} = 0,92 \cdot 5,71 \cdot 0,196 + 0,92 \cdot 0,196 = 1,21 \text{ кА.}$$

Ток срабатывания защиты:

$$I_{с.з} = \frac{1,2 \cdot I_{нагр.мах}}{0,85}; \quad (93)$$

$$I=1700$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{I_{с.з}}{n_{рл}}; \quad (94)$$

$$I=4.5$$

Принимаем значение тока уставки 4,5 А.

Минимальный ток двухфазного короткого замыкания:

$$I_{\kappa}^{(2)} = I_{\kappa}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad (95)$$

$$I_{\kappa}=3$$

Ток срабатывания отсечки:

$$I_{ср.з} = \frac{2000}{5} \cdot 4,5 = 1800 \text{ А.}$$

Коэффициент чувствительности:

$$K_{ч.мтз} = \frac{I_{к \min}}{I_{ср.з}} = \frac{I_{к}^{(2)}}{I_{ср.з}}; \quad (96)$$

$$K_{ч.мтз} = \frac{7400}{1800} = 4,1 > 1,5.$$

3.10.3 Релейная защита вводного выключателя КРУ 6 кВ

Определим ток срабатывания защиты:

$$I_{с.мтз} = \frac{K_{сзан} \cdot K_з}{K_б} \cdot I_{ном}, \quad (97)$$

где $K_{зан}$, $K_з$, $K_б$ – коэффициенты защиты, самозапуска и возврата ($K_{зан}=1,2$, $K_з=1,2$ и $K_б=0,85$ для Сириус -2Л).

$I_{ном}$ – номинальный ток, равный 1960 А.

$$I_{с.мтз} = \frac{1,2 \cdot 1,2}{0,85} \cdot 1960 = 3320,5 \text{ А.}$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{к}^{(2)} = 8,51 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7,4 \text{ кА.}$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = 8$$

Принимаем значение уставки равное 8,5 А.

Уточняем ток срабатывания защиты

$$I_{cp.мтз} = \frac{K_m}{K_{сз}} \cdot I_{уст}; \quad (98)$$

$$I_{cp.мтз} = \frac{2000/5}{1} \cdot 8,5 = 3400 \text{ А.}$$

Коэффициент чувствительности:

$$K_{ч.мтз} = \frac{7400}{3400} = 2,18 > 1,5.$$

В данном случае защита чувствительна и ее стоит принять к исполнению.

Рассчитываем токовую отсечку.

Рассчитаем ток срабатывания защиты [9]:

$$I_{с.то} = k_з \cdot I_{к}^{(3)}, \quad (99)$$

где $k_з$ - коэффициент защиты, равен 1,3;

$I_{к}^{(3)}$ – трехфазный ток в конце линии

$$I_{с.то} = 1,3 \cdot 8,07 = 10,78 \text{ кА.}$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{cp} = \frac{1}{2000/5} \cdot 10780 = 26,95 \text{ А.}$$

Принимаем значение уставки равное 27 А.

Уточняем ток срабатывания защиты

$$I_{то} = \frac{2000/5}{1} \cdot 27 = 10800 \text{ А.}$$

Рассчитаем коэффициент чувствительности, по следующим формулам [9]:

$$k_{ч2.мо} = \frac{I_n^{(2)}}{I_{с.мо}} \geq 2, \quad (100)$$

где $I_n^{(2)}$ – двухфазный ток КЗ в начале линии.

Ток двухфазного короткого замыкания:

$$I_n^{(2)} = 8,51 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7,4 \text{ кА},$$

$$k_{ч2.мо} = \frac{7,4}{10,78} = 0,67 \leq 2.$$

3.10.4 Защита кабельной линии 6 кВ

Расчёт максимальной токовой защиты

Максимальный нагрузочный ток:

$$I_{с.мтз} = \frac{K_n \cdot K_3}{K_6} \cdot I_{нагр}, \quad (101)$$

где $K_{зан}$, K_3 , K_6 – коэффициенты защиты, самозапуска и возврата ($K_{зан}=1,2$, $K_3=1,2$ и $K_6=0,85$ для Сириус -2Л).

$I_{нагр}$ – ток протекающий по КЛ, отходящего присоединения, [9]:

$$I_{ном} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}; \quad (102)$$

$I_{ном}=200$

$$I_{с.мтз} = \frac{1,2 \cdot 1,2}{0,85} \cdot 196 = 332 \text{ А}.$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{I_{с.мтз}}{k_m}; \quad (103)$$

$$I_{ср} = \frac{332,5}{400/5} = 4,2 \text{ А}.$$

Принимаем уставку равную 4,5 А.

Уточняем ток срабатывания защиты:

$$I_{c.p} = \frac{400/5}{1} \cdot 4,5 = 360 \text{ А}$$

Минимальный ток в реле при двухфазном коротком замыкании за кабелем:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 8,51 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7,4 \text{ кА}$$

Коэффициент чувствительности:

$$K_{ч.мтз} = \frac{7400}{400} = 18,5 > 1,5.$$

Рассчитаем токовую отсечку.

Рассчитаем ток срабатывания защиты [9]

$$I_{с.то} = I_{\kappa}^{(3)} \cdot k_H, \quad = 10 \tag{104}$$

где k_H – коэффициент надежности, равен 1,2;

$I_{\kappa}^{(3)}$ – трехфазный ток в конце линии.

Рассчитаем коэффициент чувствительности больше 2, по следующим формулам [1]:

$$k_{ч2.то} = \frac{I_H^{(2)}}{I_{с.то}} \geq 2, \tag{105}$$

где $I_H^{(2)}$ – двухфазный ток короткого замыкания в начале линии.

Ток двухфазного КЗ:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 8,51 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7,4 \text{ кА}.$$

$$k_{ч2.то} = \frac{7,4}{10,2} = 0,73 < 2.$$

Отсечка не обладает достаточной чувствительностью, т.к $Kч < 2$.

3.10.5 Автоматическое повторное включение

Прибор механического вторичного введения следует с целью механического возобновления кормления покупателей гальванической энергии в случае отключения питающей направления приборами релейной охраны посредством вторичного введения.

Требования, предъявляемые к АПВ:

1. АПВ обязано исключать возможность действия после отключения выключателя персоналом.
2. АПВ должно обеспечивать установленную кратность действия.
3. АПВ должно исключать возможность действия при аварийном отключении выключателя от устройств защиты сразу после его включения персоналом вручную, дистанционно или телемеханически.
4. АПВ непременно должно быть снабжено устройством автоматического возврата.

В следствии проведения реконструкции системы электроснабжения производим установку устройств автоматического повторного включения на выключателях всех линий электропередач напряжением 10 кВ.

3.10.6 Автоматическая частотная разгрузка

С целью отключения доли электроприемников при возникновении в питающей энергосистеме дефицита активной мощности сопровождающегося снижением частоты, в целях сохранения генерирующих источников и возможно быстрой ликвидации трагедии.

На сегодняшний день существуют три категории частотной разгрузки:

1. АЧР 1 - быстродействующая, обладающая в пределах энергосистемы и отдельных ее узлов различные уставки по частоте срабатывания и предназначенная для прекращения снижения частоты до опасного уровня (47 Гц). Граничные уставки по частоте: верхний предел: не выше $f = 48,5$ Гц, нижний - не ниже 46,5 Гц. Период действия: 0,25 - 0,3 с.

2. АЧРП - с общей уставкой согласно частоте и разными уставками по времени, предназначенная для подъема частоты после действия АЧР 1 и для предотвращения ее «зависания» на уровне ниже 49 Гц. Единая уставка по частоте обычно принимается равной верхней уставке АЧР 1 или на 0,5 Гц больше. Верхний предел не выше $f = 48,8$ Гц, а в некоторых районах страны - 49,9 Гц.

3. III категория - вспомогательная, действующая при возникновении местного глубинного дефицита активной мощности (например, при отделении от энергосистемы энергоемкого потребителя, питаемого местной электростанцией небольшой мощности) и предназначенная для ускорения и увеличения объема частотной разгрузки.

Каждая категория внутри себя имеет и отдельные очереди. Например, в АЧР один две последовательные очереди отличаются друг от друга уставками срабатывания очереди АЧР рабочей и резервной линий.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРИЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Цеховые сети распределения электроэнергии должны:

1 гарантировать необходимую надежность электроснабжения ЭП в зависимости от их категории;

2 является комфортными и безопасными в эксплуатации;

3 иметь оптимальные технико-экономические показатели (минимум приведенных затрат);

4 иметь конструктивное исполнение, обеспечивающее применение промышленных и скоростных методов монтажа.

Схемы цеховых сетей бывают магистральные и радиальные.

Главные схемы гарантируют высокую надежность электроснабжения, обладают универсальностью и гибкостью (позволяют заменять технологическое оборудование без особых изменений электрической сети). Поэтому их применение рекомендуется во всех случаях, если этому не препятствуют территориальное расположение нагрузок, условия среды и технико-финансовые показатели.

Радиальная модель электроснабжения представляет собой совокупность линий цеховой электрической сети, отходящих от РУ низшего напряжения ТП и предназначенных для питания небольших групп приемников электроэнергии, расположенных в различных местах цеха. Радиальные схемы электроснабжения применяют в тех случаях, когда невозможно применить магистральные схемы. Они обеспечивают высокую надежность электроснабжения, но требуют больших затрат на электрооборудование и монтаж, чем магистральные.

В нашем случае целесообразно применить смешанную схему электроснабжения.

В данном проекте предложен вариант цеховой электрической сети, выполнен с использованием силовых пунктов, в данном случае типа ШР.

Питание силовых пунктов осуществляется при помощи кабелей, присоединенных к ВРУ. Питание ЭП от СП выполнено кабельными линиями.

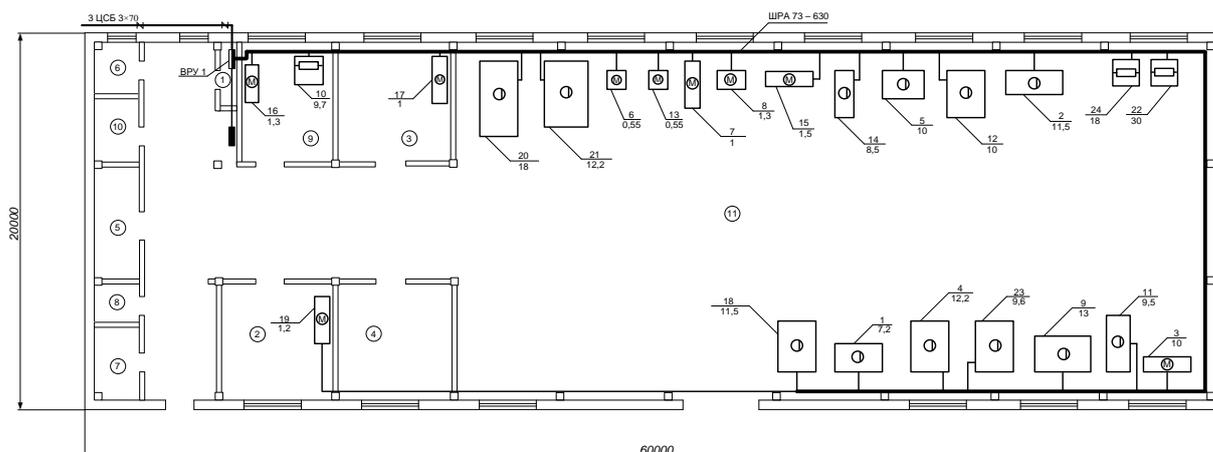


Рисунок 6 – Разработка схемы электроснабжения электромеханического цеха

4.1 Выбор сечения кабельных линий

Выбранный тип провода или кабеля должен соответствовать его назначению, характеру среды, способу прокладки.

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети на напряжение до 1 кВ выбирают по нагреву расчетным током по формуле [5]:

$$I_P \leq k_{cp} \cdot k_{np} \cdot I_{доп}, \quad (106)$$

где I_P - расчетный ток линии, питающей группу приемников (для линии, питающей единственный приемник, вместо I_P принимают номинальный ток приемника $I_{доп}$);

k_{cp} - поправочный коэффициент, учитывающий отличие температуры в цехе от температуры, при которой заданы $I_{доп}$ в ПУЭ;

k_{np} - поправочный коэффициент, учитывающий снижение допустимой токовой нагрузки для проводов и кабелей при их многослойной прокладке в коробах[4].

Номинальный ток ЭП определяется по формуле:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}. \quad (107)$$

Выбираем кабели, питающие силовые пункты, по расчетному току.

ВРУ-СП1:

$$I_p = 232,329 \text{ А.}$$

Выбираем кабель ВБбШв – 95 $I_{ном} = 260 \text{ А}$,

Проверяем сечение по формуле (114):

$$232,329 \leq 0,95 \cdot 1 \cdot 260 ;$$

$$232,329 \leq 247.$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 22.

Таблица 22 – Выбор кабелей, питающие силовые пункты

№	Расчетный ток, I_p , А	Марка кабеля	Сечение жилы, мм ²	Допуст.ток $I_{доп}$, А
ТП1-ВРУ	324,713	ВБбШв	150	370
ВРУ-СП1	214,546	ВБбШв	95	260
ВРУ-СП2	210,789	ВБбШв	95	260
ВРУ-СП3	102,584	ВБбШв	25	107
СП3-СП4	95,423	ВБбШв	25	107

Выбранный кабель марки ВВГнг имеет следующее конструктивное исполнение:

Присутствие в кабеле ВБбШв стальной брони позволяет использовать кабель в экстремальных условиях для прокладки и эксплуатации. Поэтому он применяется в промышленных помещениях, на объектах метрополитена, в подземных кабельных трассах, в различных туннелях, каналах и шахтах. В свойстве токопроводящих жил в кабеле используются медные жилы круглой или секторной формы, в зависимости от предназначения однопроволочные

или многопроволочные, первого или второго класса в соответствии с СТАНДАРТ 22483. Изоляция кабеля выполняется из поливинилхлоридного пластика (ПВХ). Изоляция жил многожильных кабелей выполнена в различной цветовой гамме, в зависимости от назначения жилы при монтаже кабеля. Изоляция нулевых жил изготовлена с использованием красителя голубого цвета. Изоляция жилы которую предполагается использовать в качестве заземления выполняется желто-зеленой.

Выбор сечения кабелей от силовых пунктов (СП) до ЭП.

Выберем силовой кабель для обжиговой установки:

$$I_p = 55$$

Выбираем силовой кабель марки ВВГнг, сечением 16 мм^2 $I_{\text{доп}} = 81 \text{ А}$.

$$54,8 \leq 1 \cdot 1 \cdot 81.$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 23.

Таблица 23 – Выбор кабелей, питающих электроприемники

Наименование станка	Расчетный ток, I_p , А	Марка кабеля	Сечение жилы, мм^2	Допуст.ток $I_{\text{доп}}$, А
Станок токарный	0,84	ВВГнг	2,5	26
Шкаф сушильный	243,095	ВВГнг	95	260
Станок токарно – винторезный	98,757	ВВГнг	25	107
1	10,97	ВВГнг	2,5	26
Пресс гидравлический	22,03	ВВГнг	2,5	26
Ножницы листовые	12,003	ВВГнг	2,5	26
Станок вертикально – сверлильный	3,039	ВВГнг	2,5	26

Наименование станка	Расчетный ток, I_p , А	Марка кабеля	Сечение жилы, мм^2	Допуст.ток $I_{\text{доп}}$, А
Станок вертикально – сверлильный	11,775	ВВГнг	2,5	26
Станок токарно – винторезный	11,7	ВВГнг	2,5	26
Станок радиально – сверлильный	6,837	ВВГнг	2,5	26
Станок токарно – винторезный	2,279	ВВГнг	2,5	26
Станок точильно-шлифовальный	6,078	ВВГнг	2,5	26
Станок горизонтально – фрезерный	6,077	ВВГнг	2,5	26
Станок круглошлифовальный	22,701422	ВВГнг	2,5	26
Станок поперечно – строгальный	16,713	ВВГнг	2,5	26
Сварка (п/авт.)	4,56	ВВГнг	2,5	26
Сварка ручная	1,67	ВВГнг	2,5	26
Станок токарно-винторезный	0,273	ВВГнг	2,5	26
Станок ножовочно – отрезной	1,67	ВВГнг	2,5	26
п/автомат зубострогальный	2,279	ВВГнг	2,5	26
п/автомат вертикально – фрезерный	1,671	ВВГнг	2,5	26

Наименование станка	Расчетный ток, I_p , А	Марка кабеля	Сечение жилы, мм^2	Допуст.ток $I_{\text{доп}}$, А
п/автомат зубофрезерный	15,953	ВВГнг	2,5	26
Автомат зубодолбёжный	7,5967	ВВГнг	2,5	26
п/автомат зубодолбёжный	1,67	ВВГнг	2,5	26
Станок токарно – винторезный	13,674	ВВГнг	2,5	26
Щит осветительный	6,077	ВВГнг	2,5	26

4.2 Проверка выбранных сечений кабелей по потере напряжения

Потерю напряжения определяем по формуле:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot r + Q_p \cdot x}{U_{\text{ном}}} \cdot 10^{-3}, \quad (108)$$

где $r = r_0 \cdot l$,

$$x = x_0 \cdot l,$$

r_0, x_0 -удельные активные и индуктивные сопротивления кабеля.

Потеря напряжения в процентах определяется по формуле:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{0,4} \cdot 10^{-3}. \quad (109)$$

Расчёт произведём для кабеля питающего СП1 от ВРУ:

$$r = 8$$

$$x = 0,085 \cdot 2,1 = 0,18 \text{ мОм},$$

$$\Delta U = \frac{128,77 \cdot 7,77 + 96,58 \cdot 0,18}{0,4} \cdot 10^{-3} = 0,293 \text{ В},$$

$$U\% = 0,08$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 24.

Таблица 24 – Результаты расчета проверки кабелей по потере напряжения

Вид	Марка кабеля	Расчетный ток, А	$r_0 \setminus x_0$, мОм/м	L, м	ΔU , %	Сечение, мм ²
ВРУ-СП1	ВБбШв	232,33	0,37\0,085	2,1	0,073	95
ВРУ-СП2	ВБбШв	209,6	0,37\0,085	42,35	1,14	95
ВРУ-СП3	ВБбШв	106,62	0,37\0,085	53,55	0,842	25
СП3-СП4	ВБбШв	83,88	0,37\0,085	14,88	6,7	25

По результатам расчета видно, что выбранные кабели проходят по допустимому току и по допустимой потере напряжения.

Аналогично проверяем кабели до ЭП. Расчёт проводим для наиболее отдалённых электроприемников.

СП4-Установка пропиточная:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi); \quad (110)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 13,67 \cdot 43,7 \cdot (1,84 \cdot 0,601 + 0,107 \cdot 0,926) \cdot 10^{-3} = 1,25 \text{ В};$$

$$U\% = 0,3$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 25.

Таблица 25 – Результаты расчета проверки кабелей по потере напряжения

Наименование станка	Марка кабеля	Расчетный ток, А	r_0/x_0 , мОМ/м	L, м	ΔU , %	Сечение, мм ²
Станок балансировочный	ВВГнг	2,28	1,84/0,099	4,9	0,006	2,5
Кантователь статоров 7-9 габаритов	ВВГнг	1,67	1,84/0,099	2,63	0,002	2,5
Установка пропиточная	ВВГнг	13,67	1,84/0,099	43,7	0,312	2,5
Установка обжиговая	ВВГнг	54,85	1,84/0,099	82,25	3,01	2,5

По результатам расчета можно сказать, что выбранные кабели проходят по допустимому току и по допустимой потере напряжения

$$I_P = \frac{\sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{\sqrt{1116,4^2 + 1060,77^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 148,2 \text{ А.}$$

4.3 Расчет токов КЗ

4.3.1 Расчет трехфазных токов КЗ

Сети промышленных компаний напряжением до 1 кВ характеризуются большой протяженностью и наличием большого количества коммутационно-защитной аппаратуры. При напряжении до 1 кВ даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на ток КЗ. Поэтому в расчетах учитывают все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные. Кроме того, учитывают активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи.

Сопротивление системы определяется по следующей формуле [5]:

$$x_c = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{Kc}^{(3)}} \cdot \left(\frac{U_{Б.СТ}}{U_c} \right)^2, \quad (111)$$

где U_c - напряжение системы, в данном случае равно 6,3 кВ;

$U_{Б.СТ}$ - напряжение базисной ступени, в данном случае равно 0,4 кВ;

$I_{Кс}^{(3)}$ - трехфазный ток короткого замыкания системы, равен 8,153 кА.

$$x_c = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 8,153} \cdot \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 = 0,018 \text{ мОм.}$$

Сопротивления цехового трансформатора рассчитываем по формулам:

$$r_m = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{ном}} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}}; \quad (112)$$

$$x_m = \sqrt{\left(\frac{u_{\kappa}}{100} \right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{ном}} \right)^2}. \quad (113)$$

Для трансформатора ТМ-400/10: кВТ, 5 кВТ и 4,5%.

$$r_m = \frac{5,5}{400} \cdot \frac{400^2}{400} = 5,5;$$

$$Xm = 17$$

Сопротивления кабелей определяются по формуле:

$$r = r_0 \cdot l; \quad (114)$$

$$x = x_0 \cdot l. \quad (115)$$

где r_0 и x_0 - удельные сопротивления линий, мОм/м;

l - длина линии, м.

Для кабеля ВБбШв сечением 150 мм², $r_0=0.077$ мОм, $x_0=0.059$ мОм длиной 0,1 километров:

$$r_{кл} = 0,077 \cdot 0,1 = 0,018 \text{ Ом,}$$

$$x_{кл1} = 0,059 \cdot 0,1 = 0,014 \text{ Ом.}$$

Сопротивления трансформатора тока, автоматических выключателей и контактов берется из справочных данных.

Ток трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_K = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}} \quad (116)$$

Составляем схему замещения. Схема замещения показана на рисунке 7.

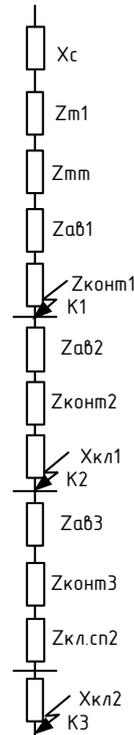


Рисунок 7 – Схема замещения цеха

Произведем расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

$$R = 7;$$

$$x_{\Sigma K1} = x_C + x_T + x_{ш} + x_{ТТ} + x_{ав1} = 0,0018 + 17,14 + 0,42 + 0,67 + 0,17 = 18,4 \text{ мОм};$$

$$z_{\Sigma K1} = \sqrt{r_{\Sigma K1}^2 + x_{\Sigma K1}^2} = \sqrt{6,97^2 + 18,4^2} = 19,68 \text{ мОм};$$

$$I_{оп} = 12$$

Аналогично рассчитываем токи для остальных точек, полный расчет

представлен в приложении, а его результаты сведены в таблицу 26.

Таблица 26 – Расчет трехфазного тока КЗ

Точка КЗ	$z_{II\Sigma}$, мОм	$I_{но}$, кА	$I_{уд}$, кА
К-1	19,68	11,74	16,6
К-2	20,25	11,41	16,13
К-3	20,87	11,07	15,65

4.3.2 Расчет однофазных токов КЗ

В качестве несимметричного короткого замыкания рассчитаем однофазное КЗ. Принцип расчёта остаётся тот же, однако при несимметричных коротких замыканиях появляется обратная и нулевая последовательность, а также изменяется сопротивление некоторых элементов схемы. В приближённых расчётах сопротивление обратной последовательности можно принять равным сопротивлению прямой последовательности.

Ток однофазного КЗ определяется по формуле,[5]:

$$I_R^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}{\sqrt{(r_{1\Sigma} + r_{2\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}, \quad (117)$$

где $r_{1\Sigma}$, $r_{2\Sigma}$, $r_{0\Sigma}$ - суммарные активные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности соответственно;

$x_{1\Sigma}$, $x_{2\Sigma}$, $x_{0\Sigma}$ - суммарные реактивные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности соответственно.

Для трансформаторов с обмоткой соединения Д/У-11 активные и реактивные сопротивления обратной и нулевой последовательности равны сопротивлениям прямой последовательности ($r_{1T} = r_{2T} = r_{0T}$ и $x_{1T} = x_{2T} = x_{0T}$).

Для трехжильных кабелей: $r_1 = r_2 = r_0$ и $x_1 = x_2$, $x_0 = 4 \cdot x_1$.

Сопротивление системы: $x_{C1} = x_{C2}$

$$x_C = x_0 = 1,8 \cdot x_{C1}; \quad (118)$$

$$x_C = x_0 = 1,8 \cdot 1,798 \cdot 10^{-3} = 3,237 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$$

Произведем расчет тока однофазного КЗ для точки К1

$$r_{\Sigma K1} = r_T + r_{TT} + r_{a\phi 1} + r_{k1} = 6,97 \text{ мОм};$$

$$x_{\Sigma K1} = x_{C0} + x_T + x_{uu} + x_{TT} + x_{a\phi 1} = 18,402 \text{ мОм};$$

$$I_{K0} = \frac{400}{\sqrt{(2 \cdot 6,97 + 6,97)^2 + (2 \cdot 18,4 + 18,4)^2}} = 6,78 \text{ кА}$$

Аналогично рассчитываются токи для остальных точек, результат расчета сводим в таблицу 31, а сам расчет представлен в приложении Б.

Таблица 27 – Расчет однофазных токов КЗ

Точка КЗ	$x_{\Sigma K.0}, \text{ мОм}$	$r_{\Sigma K.0}, \text{ мОм}$	$I_i^{(1)}, \text{ А}$
К-1	18,4	6,97	6,78
К-2	18,59	8,04	6,59
К-3	18,77	9,13	6,4

4.4 Выбор и проверка защитных аппаратов

В соответствии с ПУЭ от перегрузок необходимо защищать силовые и осветительные сети, выполненные внутри помещений, в том числе и силовые сети, когда по условиям технологического процесса или режима их работы могут возникнуть длительные перегрузки.

В сетях напряжением до 1 кВ защиту элементов системы электроснабжения осуществляют плавкими вставками предохранителей и расцепителями автоматических выключателей.

Выбор агрегатов защиты производится с учетом следующих основных требований:

1 Расчётный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической цепи. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей нужно выбирать по возможности меньшими по расчетным токам защищаемых участков сети или по номинальным токам отдельных ЭП в зависимости от места установки агрегата защиты.

2 Срок действия аппаратов защиты должно быть по возможности меньшим и должна быть обеспечена селективность действия защиты соответствующим подбором аппаратов защиты и его защитной характеристики.

3 Устройства защиты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной эксплуатации, например при рабочих пиках технологических нагрузок, и т.п.

4 Аппараты защиты обязаны обеспечивать надежное отключение в конце защищаемого участка двух и трехфазных КЗ при всех видах режима работы нейтрали сети, а также однофазных КЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью.

В дипломном проекте сохранение кабелей, питающих СП, производится автоматическими выключателями, защита электроприемников осуществляется плавкими вставками предохранителей.

4.4.1 Выбор плавких предохранителей

Условия выбора плавкого предохранителя:

- номинальное напряжение предохранителя должно быть равно или больше номинального напряжения электрической сети,[5],[12]:

$$U_{ном.п} \geq U_{сети}; \quad (119)$$

- номинальный ток плавкой вставки выбирают по расчётному току защищаемой цепи и отстраивают от токов кратковременной

перегрузки,[5],[12]:

$$I_{ном.вст} \geq I_{ном.ЭП} ; \quad (120)$$

$$I_{н.вст} \geq \frac{I_n}{2,5}, \quad (121)$$

где $I_{ном.вст}$ – номинальный ток плавкой вставки, А ;

$I_{ном.ЭП}$ – номинальный ток отдельного ЭП, А;

I_n – пиковый ток ЭП, А.

$$I_{П} = K_{П} \cdot I_{ном. ЭП}, \quad (122)$$

где $K_{П}$ – кратность пуска.

Выбор плавкой вставки рассмотрим на примере токовой нагрузки сварочного выпрямителя.

$$I_{номI} = 66$$

$$I_n = 120$$

$$I_{ном вст} \geq I_{ном ЭП} \Rightarrow 150 \geq 130,2 \text{ А}$$

Проверка по чувствительности:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{но}^{(1)}}{I_{\text{вс}}} \geq 3; \quad (123)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{1174}{100} = 11,74 \geq 3$$

Выбираем плавкую вставку по кривым [5] на ток $I_{н.вст} = 100$ А и предохранитель ПН2-100.

Данные предохранителей ЭП представлены в таблице 28.

Таблица – 28 Расчёт пусковых токов для выбора предохранителей

№ на плане	Наименование ЭО	$I_{НОМ}, А$	$I_{п.вст}, А$	$I_{н.вс}, А$	Маркировка
1	2	3	5	6	7
1	Станок токарный	1,04	2,1	6	НПН-15
6	Шкаф сушильный	303,9	607,7	750	ПН2-1000
7	Станок токарно – винторезный	123,45	246,9	250	ПН2-250
8	Пресс гидравлический	21,94	43,88	50	ПН2-100
9	Ножницы листовые	44,06	88,12	100	ПН2-100
10	Станок вертикально – сверлильный	24	48,01	50	ПН2-100
11	Станок вертикально – сверлильный	8,68	17,4	30	ПН2-100
12	Станок токарно – винторезный	14,72	29,44	30	ПН2-100
13	Станок радиально – сверлильный	23,4	46,8	50	ПН2-100
14	Станок токарно – винторезный	8,55	17,1	30	ПН2-100
15	Станок точильно- шлифовальный	4,56	9,12	10	НПН-15
16	Станок горизонтально – фрезерный	7,6	15,2	30	ПН2-100

Продолжение таблицы 28

1	2	3	5	6	7
17	Станок круглошлифовальны й	12,15	24,3	30	ПН2-100
18	Станок поперечно – строгальный	65,11	130,2	150	ПН2-250
19	Сварка (п/авт.)	25,71	51,42	60	ПН2-100
20	Сварка ручная	7,01	14,02	30	ПН2-100
21	Станок токарно- винторезный	2,57	5,14	10	НПН-15
22	Станок ножовочно – отрезной	0,42	0,84	10	НПН-15
23	п/автомат зубострогальный	1,86	3,71	10	НПН-15
24	п/автомат вертикально – фрезерный	3,51	7,01	10	НПН-15
25	п/автомат зубофрезерный	2,57	5,14	10	НПН-15
26	Автомат зубодолбежный	22,8	45,6	50	ПН2-100
27	п/автомат зубодолбежный	10,85	21,7	30	ПН2-100
28	Станок токарно – винторезный	2,79	5,57	10	НПН-15
29	Щит осветительный	2,79	5,57	10	НПН-15

4.4.2 Выбор и проверка автоматических выключателей

Автоматические выключатели предусмотрены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках или недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

Выбор вида автоматических выключателей определяется: электрическими характеристиками электроустановки, условиями эксплуатации, нагрузками и необходимостью дистанционного управления, вместе с типом предусматриваемой в будущем телекоммуникационной системы.

Номинальное напряжение автомата это напряжение, на которое рассчитан сам автомат. Не зависимо от места установки напряжение автомата АВ $U_{ном.в}$ должно быть равным или большим номинальному напряжению сети $U_{ном.с}$:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.с} \quad (124)$$

Соответствие номинального тока выключателя расчётному току цепи:

$$I_{ном.в(н.расц)} \geq I_p \quad (125)$$

Определяем ток электромагнитного расцепителя:

$$I_{ср.эм} = (7 \div 12) \cdot I_{н.расц} \quad (126)$$

4) Определяем пиковый ток:

$$I_{пик} = k_n \cdot I_p \text{ — для одного ЭП;} \quad (127)$$

$$I_{пик} = I_{пуск} + 5 \cdot I_p - I_p \cdot k_u \text{ — для группы ЭП,} \quad (128)$$

где k_n — кратность пуска ЭД;

$I_{сум.гр}$ — суммарный ток группы ЭП;

$I_{p.max}$ -максимальный ток ЭП из данной группы.

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя должен соответствовать данному условию:

$$I_{ср.эм} \geq 1,25 \cdot I_{пик} . \quad (129)$$

Проверка по согласованию с тепловым расцепителем:

$$I_{н.расц} \leq 1,5 \cdot I_{дл.дон} . \quad (130)$$

Результаты выбора выключателей занесены в таблицу 29.

Таблица – 29 Выбор автоматических выключателей

Расчетный ток, А	Пиковый ток, А	Ток расцепителя, А	Тип АВ	Место установки
232,33	2191,261	1000	ВА55-41	ВРУ-СП1
209,6	1015,28	250	ВА55-250	ВРУ-СП2
22,74	187,3102	125	ВА55-250	ВРУ-СП3
331,1	2672,315	400	ВА52-39	КТП

4.5 Конструктивное исполнение низковольтной сети

Модель электроснабжения цеха сделана с помощью СП и кабелей, запитывающих ЭП. Данное конструктивное исполнение является наиболее выгодным вариантом выполнения схемы, т.к является удобной в эксплуатации, надёжной, недорогой.

Распределение электроэнергии от КТП выполняется проводными линиями до вводно-распределительного устройства цеха. Вводно-распределительные устройства, или ВРУ, предназначены для приема/распределения электроэнергии в трехфазных электросетях. ВРУ обеспечивают защиту энергетических сетей от замыканий,

перегрузок, аварий, выполняют функции предохранителей. Конструкция ВРУ обеспечивает одностороннее обслуживание с фасадной стороны, причем органы управления аппаратов, как правило, располагаются за дверями шкафа. Присутствие нужды, на двери может монтироваться оборудование управления и сигнализации, например, арматура ламп сигнализации, кнопки управления, контрольно-измерительные приборы, пульт управления контроллером. Корпуса однопанельных либо крайних многопанельных шкафов ВРУ (по согласованию между изготовителем и заказчиком) могут иметь съемные боковые шкафчики. В промежуточных шкафах многопанельных ВРУ, боковые стенки могут не устанавливаться, если это не требуется для локализации блоков аппаратов. В одно и многопанельных ВРУ, стандартный ввод кабелей предусмотрен снизу. По согласованию между изготовителем и заказчиком ввод/вывод проводников может быть предусмотрен как вниз, так и вверх конструкции.

Электроприемники цеха приобретают питание от силовых распределительных пунктов типа ШР. Сведения силовые пункты предназначены для приема и распределения электрической энергии. Рассчитаны на номинальные токи до 400 А и номинальное напряжение до 380 В трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и с защитой отходящих линий предохранителями НПН2-60 (до 63А). ПН2-100(до 100А), ПН2-250(до 250 А), ПН2-400 (до 400А). Ввод и вывод проводов и кабелей предусмотрены снизу и сверху шкафа.

Электроснабжение цеховых электроприёмников выполняется кабельными линиями, проложенными, соблюдая требования ПУЭ, в трубах по стенам и потолкам с креплением на скобах, а также на кабельных конструкциях. Кабельные каналы хорошо защищают от механических повреждений, кабели удобно осматривать и ремонтировать.

Цеховая подстанция выполнена двухтрансформаторной. В цеху имеется автоматический ввод резерва 0,4 кВ, в случае аварийных на одном из

трансформаторов, происходит отключение поврежденного трансформатора, а нагрузка подключается к оставшемуся в работе трансформатору.

4.6 Устройства и автоматика

Автоматическое включение дополнительного оборудования (трансформаторов, линий, секции шин, электродвигателей и т.п.) применяется для повышения надежности работы энергосистемы, бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией и уменьшения народнохозяйственного ущерба, вызываемого недоотпуском электроэнергии. Несмотря на различие схем АВР, все они выполняются по одной структурной схеме: отключается выключатель основного источника питания и включается выключатель резервного источника питания. Схемы АВР могут выполняться как на переменном, так и на постоянном оперативном токе.

К схемам АВР предъявляются следующие условия.

1 Срабатывать при исчезновении напряжения на шинах потребителей по любой причине.

2 Обеспечивать однократность действия.

3 Владеть блокировку, разрешающую включение резервного выключателя лишь при отключенном основном выключателе.

4 Иметь минимальное время действия.

5 Иметь устройства для ввода и вывода из работы.

6 Не срабатывать при перегорании предохранителей в одной из фаз трансформатора напряжения.

7 Обладать пусковой инструмент, контролирующей отсутствие напряжения.

В зависимости от схемы выполнения к устройствам АВР могут предъявляться и другие требования, обусловленные конкретными условиями работы. В качестве пусковых органов в схемах АВР чаще всего применяются минимальные реле напряжения. Возможно использование минимального реле напряжения и минимального реле тока, а также реле понижения частоты.

4.7 Безопасность при работе с кабельными линиями

В согласовании с ПТБ, при работе с кабельными линиями (их монтаже, ремонте и демонтаже) следует выполнять следующие требования:

Рытье траншеи с целью прокладки кабелей разрешается только после получения руководителем работ письменного разрешения от организации, эксплуатирующей подземные коммуникации (кабели, газопроводы и т. п.), находящиеся в районе прохождения трассы вновь прокладываемого кабеля. На чертеже трассы кабеля точно указывают все пересекаемые подземные коммуникации; места пересечений должны быть обозначены и указаны производителем работ в натуре на местности.

При рытье траншей учитывают допустимые откосы для соответствующих грунтов и в необходимых случаях надежно раскрепляют стенки траншей и котлованов от обрушения. Грунт, вынимаемый из траншеи, размещают не ближе 0,5 м от бровки траншеи или котлована по одну сторону. По другую сторону размещают материал дорожного покрытия.

Разгрузку и перекачивание барабанов с кабелем, а так же разматывание кабеля с барабанов и прокладку его необходимо производить в брезентовых рукавицах. Перед началом перекачивания барабана или размотки кабеля необходимо удалить из щек барабана торчащие гвозди и приняты меры по предотвращению захватывания одежды рабочих выступающими частями барабана. Необходимо также перед началом перемотки прочно закрепить конец кабеля.

Размотку кабеля разрешается производить только при наличии приспособления для притормаживания барабана. Допускается для этой цели применять доску, кабельный барабан с раскаточным валом (осью) должен быть установлен на домкратах или специальной тележке.

При размотке кабеля лебедкой по роликам, а также при раскатке вручную на поворотах трассы устанавливают угловые ролики, поддерживать кабель на поворотах трассы вручную запрещается. Не разрешается также при раскатке кабеля ставить рабочих внутри углов поворота трассы. При

прокладке кабеля по сложной трассе с промежуточными колодцами или поэтажными камерами для рабочих, находящихся в колодце и камерах, должна быть обеспечена подача команд через связных.

При механизированной протяжке кабеля особое внимание необходимо обращать на закрепление конца кабеля к тросу лебедки или тянущего механизма — оно должно быть надежным и не должно допускать срыва кабеля во время натяжения. При этом с помощью динамометра контролируют усилие натяжения, которое не должно превышать допустимого.

В завершении размотки барабана, если на нем остается несколько витков, необходимо притормозить барабан во избежание удара концом кабеля. Запрещается производить раскатку и протяжку кабеля с приставных лестниц и стремянок. При протяжке кабеля внутри помещений через проем в стене рабочие должны быть поставлены по обе стороны проема. При затяжке кабеля в трубы следует соблюдать предосторожность против затягивания в трубу руки или одежды рабочего вместе с кабелем. Поддерживать провод перед проемом или трубой необходимо не ближе чем за 1 м.

При монтаже кабельных заделок с применением мастики разогрев ее производят в специальных кастрюлях с крышкой и носиком для слива. Температуру мастики при разогреве контролируют по термометру. Температуру должен определить и указать руководитель работ (прораб, мастер).

Мастику не следует доводить до кипения. Запрещается производить разогрев мастики в закрытой банке. В летний сезон банку с мастикой слегка подогревают, предварительно сняв крышку, до текучего состояния и переливают осторожно в кастрюлю.

Присутствию обогрева проводной мастики и припоя в холодное время года перемешивание производят предварительно подогретым стальным прутком или ложкой во избежание попадания сырости, способной вызвать разбрызгивание припоя или мастики.

Кастрюлю с нагретой мастикой запрещается передавать из рук в руки. При передаче кастрюлю следует ставить на землю и брать только с земли. Работать с разогретой мастикой или припоем следует в рукавицах и предохранительных очках.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

5.1 Безопасность

С целью предоставления безопасного труда электротехнического персонала, работающего в электроустановках, существует нормативный документ «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок». Данный документ вступил в силу с 4 августа 2014 года и распространяется на всех работников электротехнического, электротехнологического и неэлектротехнологического персонала, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, проверки и замера [1].

Согласно этому документу, именно работодатель отвечает за обеспечение безопасных условий труда для своих сотрудников. Это означает, что:

- все электроустановки, предназначенные для производства, передачи, распределения и т.п. электрической энергии обязаны пребывать в технически исправном состоянии;

- электроустановки должны быть снабжены испытанными и готовыми к использованию защитными средствами и аптечками для оказания первой медицинской помощи;

- все сотрудник должны проходить обучение методам и приемам выполнения работ в электроустановках, а также методам оказания первой медицинской помощи и приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока;

- работы в электроустановках должны проводиться по заданию на производство работы, оформленному в специальном бланке установленной формы (наряд-допуск) и выданный работником из числа административно-технического персонала компании, имеющим группу допуска V или IV в электроустановках выше 1000 В и до 1000 В соответственно [1].

В указанном выше нормативном документе также строго регламентируются действия электротехнического и электротехнологического персонала при различных видах работ (начиная с осмотра электроустановок и заканчивая выполнением работ в приборах релейной защиты и автоматики).

При работах на оборудовании комплектных трансформаторных подстанций разрешается проводить осмотры без отключения питающей линии выше 1000 В в том случае, если расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением не превышают следующих значений:

Таблица 30 – Допустимые расстояния до токоведущих частей электроустановок, находящихся под напряжением [1]

Таблица 30

Напряжение электроустановок	Расстояние от работников и применяемых ими приборов и устройств, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
ВЛ до 1 кВ	0,6	1,0
Остальные электроустановки до 1 кВ	не нормируются (без прикосновения)	1,0
1-35 кВ	0,6	1,0
110 кВ	1,0	1,5

В случае если дистанция до токоведущих частей меньше допустимых, то перед выполнением работ необходимо отключить и заземлить токоведущие части.

Допуск к работам на комплектных трансформаторных подстанциях обязан быть произведен после отключения сначала коммутационных аппаратов напряжением до 1000 В, затем линейного разъединителя напряжением выше 1000 В и наложением заземлителя на токоведущие части подстанции.

В случае если не отключена подача напряжения с низкой стороны, в таком случае линии этого напряжения должны быть отключены с противоположенной питающей стороны, приняты меры против их ошибочного или самопроизвольного включения, а на подстанции на эти линии до коммутационных аппаратов наложены заземления [1].

5.2 Экологичность

В этой работе был разработан проект перестройки системы электроснабжения, это вызывает необходимость проанализировать влияние проектируемого объекта на окружающую среду и человека вне производства.

Воздействие электроустановок на окружающую среду – единственный из важных вопросов в энергетике. К отрицательному влиянию электричества можно отнести в первую очередь – электромагнитные поля. Подтверждено, то что при длительном воздействии на организм человека электромагнитного поля промышленной частоты происходит неблагоприятное влияние на нервную систему, что может привести к срыву эндокринного аппарата, обмена веществ, и других физиологических функций человека. Именно поэтому запрещается строительство жилых районов в пределах охранной зоны линии. Санитарно-защитные зоны для высоковольтных линий электропередачи, а кроме того подстанций и электростанций должны быть рассчитаны на стадии проекта и учитываться при строительстве новых зданий и построек.

Согласно СНиП 2.07.01-89* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» при размещении отдельно стоящих распределительных пунктов и трансформаторных подстанций напряжением 6-20 кВ при числе трансформаторов не более двух мощностью

каждого до 1000 кВ·А и выполнении мер по шумозащите расстояние от них до окон жилых и общественных зданий следует принимать никак не меньше 10 м. [2]

Охранная зона вдоль воздушных линий электропередачи устанавливается в виде воздушного пространства над землей, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии от крайних проводов по горизонтали. Для линии до 20 кВ охранная зона берётся 10 м [4].

Еще один фактор негативного влияния электроустановок – поражение электрическим током. Больше в целом это происходит с людьми, работающими в электроустановках по причине несоблюдения правил электробезопасности и условий труда.

Однако нередко эпизоды поражения электрическим током не электротехнического персонала. Это может произойти из-за обрыва линий электропередачи вблизи зданий и сооружений. Именно поэтому в пределах границ города запрещено прокладывать высоковольтные линии электропередач, а электрические сети низкого напряжения рекомендуется выполнять кабелями или самонесущими изолированными проводами, которые безопасны для людей и животных.

5.3 Чрезвычайные ситуации

Максимальное число пожаров и взрывов на электроэнергетических объектах приходится на долю трансформаторов (около 40%). В значительном это обусловлено использованием для изоляции и охлаждения горючих материалов, а также оборудования, являющегося потенциальным источником возгорания (маслонаполненное электрооборудование, трансформаторное масло, кабельные сооружения, изоляции силовых кабелей и т.д.). Сгорание перечисленных выше материалов характеризуется выделением большого количества теплоты и токсичных веществ, а также сильным задымлением.

Главным фактором пожаров на трансформаторных подстанциях является короткое замыкание, которое приводит к недопустимому перегреву токоведущих частей. Появление электрической дуги при КЗ становится причиной недопустимого повышения давления в масляном баке. В следствии этого происходит вскипание трансформаторного масла и разложение его на горючие газы, что приводит к взрыву трансформатора, масляных выключателей и растеканию горящего масла.

Тушение пожара на трансформаторах осложнено возникновением опасности поражения человека электрическим током. Это может произойти вследствие случайного прикосновения человека к токоведущим частям электроустановки или если струя воды (или другого тушащего средства) достигнет частей электроустановки, находящихся под напряжением. Именно поэтому действия персонала по тушению пожаров в трансформаторах и других электроустановках строго прописывается. В «Правилах пожарной безопасности для энергетических предприятий» указаны меры предотвращения пожаров и обеспечения пожарной безопасности всего электротехнического оборудования подстанции. Далее приведены некоторые из них.

Пожарная безопасность трансформаторов обеспечивается:

- соблюдением номинальных режимов работы;
- соблюдением норм качества масла;
- содержанием в исправном состоянии устройств охлаждения, регулирования и защиты оборудования;
- качественным выполнением ремонтов оборудования, устройств автоматики и защиты;
- маслоприемные устройства под трансформаторами должны содержаться в исправном состоянии для исключения при аварии растекания масла [3] и др.

При возникновении пожара на трансформаторе он должен быть отключен от сети всех напряжений, если не отключился от действия релейной

защиты, и заземлен. Персонал должен проконтролировать включение стационарной установки пожаротушения (при ее наличии), вызвать пожарную охрану и далее действовать по согласованному плану пожаротушения.

Запрещается при пожаре на трансформаторе сливать масло из корпуса, так как это может привести к распространению огня на его обмотку и усложнить тушение пожара.

При тушении пожара на электрооборудовании без снятия напряжения с электроустановок пожарные автомобили и стволы должны быть заземлены, а ствольщик должен работать в диэлектрической обуви и диэлектрических перчатках.

В местах установки пожарной техники должны быть оборудованы и обозначены места заземления.

Запрещается включение в эксплуатацию трансформаторов на электростанциях и подстанциях, если не обеспечена готовность к работе установок пожаротушения, предусмотренных проектом.

На подстанциях первичные средства пожаротушения устанавливаются в специальных пожарных щитах. Класс пожара на подстанции «Чигири» можно отнести к классу Е – пожары, связанные с горением электроустановок. Поэтому необходимо принять к установке пожарные щиты типа ЩП-Е, т.е. щит пожарный для очагов пожара класса Е. Установить их следует в видимом и доступном месте. ЩП-Е включает в себя [6]:

- огнетушитель порошковый ОП-4 – 2шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУЗ – 2 шт.;
- крюк с деревянной рукояткой – 1 шт.;
- ножницы диэлектрические – 1 шт.;
- боты диэлектрические – 1 шт.;
- коврик диэлектрический 500 мм на 500 мм – 1 шт.;
- кошма ПП600 – 1 шт.;
- лопата совковая – 1 шт.

Так же рядом с трансформатором должен располагаться ящик с песком для тушения небольших очагов пожара (воспламенение кабелей или горючих жидкостей).

Подстанции без обслуживающего персонала первичными средствами пожаротушения не обеспечиваются, кроме ящичков с песком у трансформаторов [3]. Оперативно-выездная бригада в автомобилях должна иметь минимум 4 углекислотных или порошковых огнетушителей, как средства первичного пожаротушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате в бакалаврской работе приняты следующие решения:

Разработана схема внутреннего электроснабжения ОАО «Судостроительный завод имени Октябрьской революции» города Благовещенск, выбраны кабельные линии и трансформаторы цеховых подстанций с учетом компенсации реактивной мощности. На шинах ЦРП подключено комплектное распределительное устройство серии КРУ-СЭЩ-61 с элегазовым выключателем LF1, с двумя секциями шин.

Был произведен расчет электрических нагрузок по предприятию, рассчитан центр электрических нагрузок.

В разделе “Релейная защита” защита для отходящих кабельных линий предложены: токовая отсечка, МТЗ. Применена микропроцессорная защита вводного выключателя КРУ 6 кВ Сириус – 2Л.

В разделе «Проектирование внутрицехового электроснабжения» была разработана схема низковольтной сети на примере ремонтно-электрического цеха. Было установлено вводно-распределительное устройство, силовые распределительные пункты типа ШР, выбраны сечения питающих линий. В дипломной работе защита кабелей, питающих СП, выполняется автоматическими выключателями, защита электроприемников осуществляется плавкими вставками предохранителей. Рассмотрены правила техники безопасности при работе с кабельными линиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М. :, 2001. – 36 с.
- 2 Электротехнический справочник. Т.2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – М. : издательство МЭИ, 2001. – 518 с.
- 3 Электротехнический справочник. Т 3. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии/Под общей ред. профессоров МЭИ И.Н. Орлова и др. М. : Энергоатомиздат, 2002. – 964 с.
- 4 Правила устройства электроустановок/ Минэнерго РФ. – 7-е изд. – М. : Энергоатомиздат, 2010. – 268 с.
- 5 Фёдоров А.А., Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования / А.А. Фёдоров, Старкова Л.Е. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
- 6 Практические рекомендации по использованию методов оценки экономической эффективности инвестиций в энергосбережение / под ред. Н.Н. Кожевников, Н.С. Чинакаева, Е.В. Чернова. – М. : изд-во МЭИ, 2007. – 208 с.
- 7 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б.Н. Неклепаев, И.П.Крючков. – М. : Энергоатомиздат, 2010. – 609 с.
- 8 Алексеев, В.С. Реле защиты / В.С. Алексеев и [др.]. – М.: Энергия, 2006. – 464 с.
- 9 Козлов, А.Н. Релейная защита и автоматика электрических систем / А.Н. Козлов, В.А. Козлов, Ю.В. Мясоедов. – Благовещенск: АмГУ, 2013. – 158 с.
- 10 Мясоедов, Ю. В. Проектирование электрической части электростанций и подстанций / Ю.В. Мясоедов, Н.В. Савина, А.Г. Ротачёва. – Благовещенск: АмГУ, 2007. – 139 с.
- 11 Рожкова, Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций/ Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. – М. : Энергоатомиздат, 2004. – 648 с.

12 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

13 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий: РД 153-34.0-03.301-00 (ВППБ 01-02-95*). Введ. – 01.06.2000 – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 128 с.

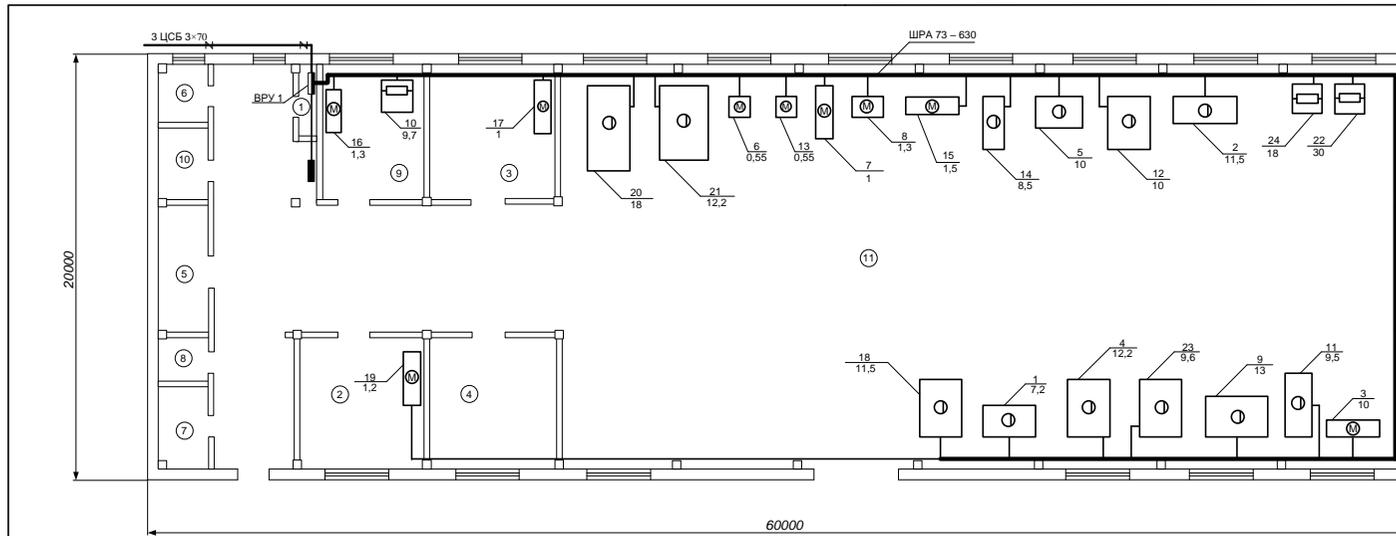
14. Комплектное распределительное устройство "Классика" 6(10) кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tavrida.ru /Product/](http://www.tavrida.ru/Product/) – 05.05.2015

15. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учебное пособие/ Е.А. Конюхова – М.: Изд-во «Мастерство», – 2002. – 320 с.

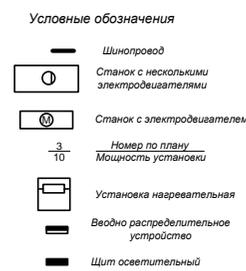
16. Справочник по проектированию электрических сетей/ под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012– 392 с.

17. Справочник по проектированию электроснабжения/ под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

18. Трансформаторы силовые масляные типа ТМ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uztt.ru/page381432> – 24.04.2015



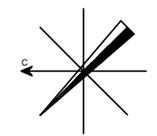
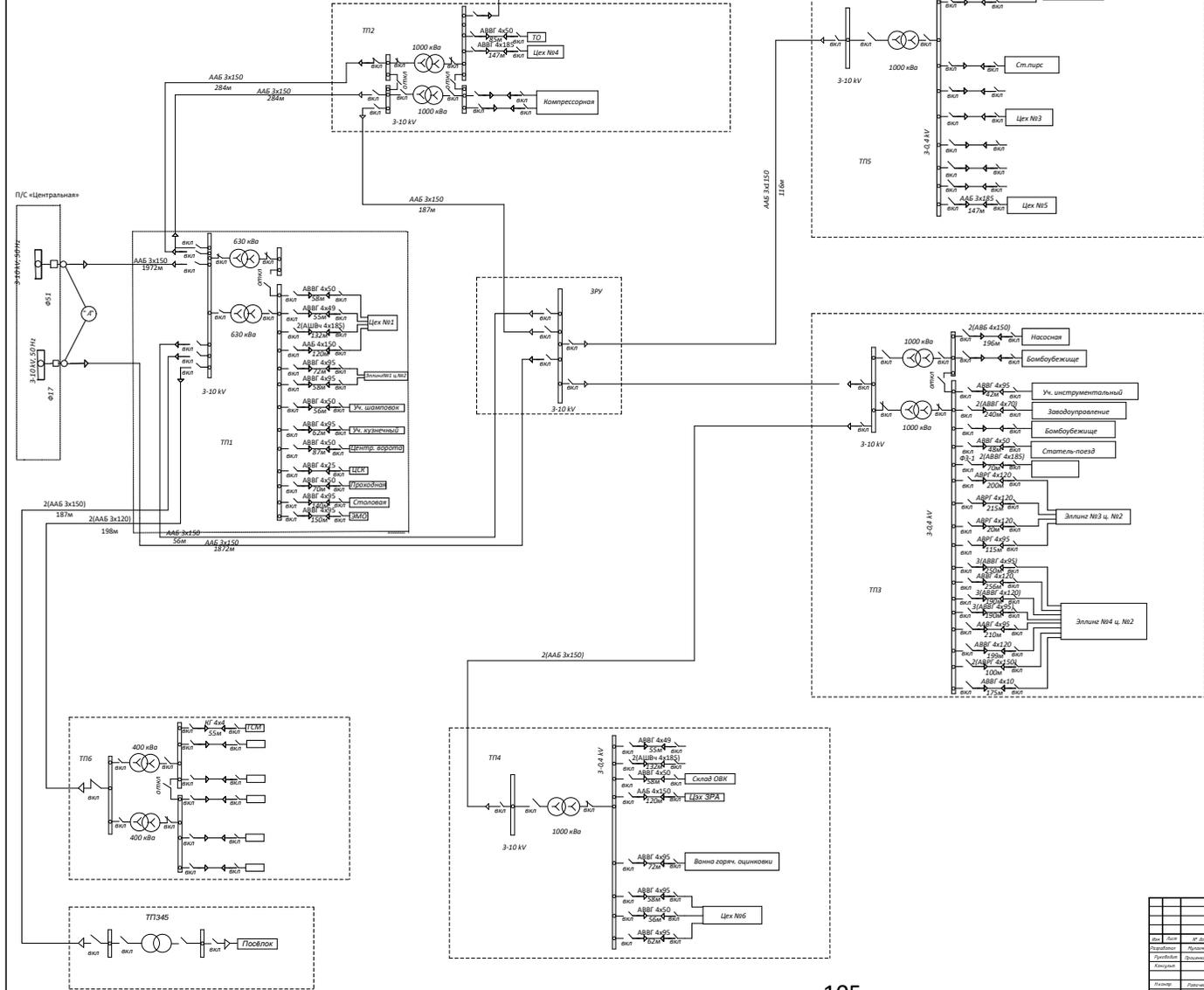
Магистральная сеть			Распределительный щит	Групповые сети	Пусковой аппарат			Распределительные сети		Электроприёмники			
Марка и сечение кабеля	Способ прокладки	Длина, м			Марка и сечение шинпровода	Тип	Номинальный ток, А	Номинальный ток распределит., А	Марка и сечение провода	Длина, м	Условное обозначение	№ по плану	P _н
3 ЦСБ 3*70	В земле	205	ШРА73 - 630	AE2016	10	2,5	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	16	1,3 кВт	2,2	Станок токарный
				AE2033	25	20	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	10	9,7 кВт	16,4	Шкаф сушильный
				AE2016	10	2,5	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	17	1 кВт	1,7	Станок токарно - винторезный
				AE2046	63	32	ПРТО 4*4	3	⊗	20	18 кВт	30,4	Пресс гидравлический
				AE2036	25	25	ПРТО 4*2,5	3	⊗	21	12,2 кВт	20,6	Ножницы листовые
				AE2016	10	1,6	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	6	0,55 кВт	0,9	Станок вертикально - сверлильный
				AE2016	10	1,6	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	13	0,55 кВт	0,9	Станок вертикально - сверлильный
				AE2016	10	2	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	7	1 кВт	1,7	Станок токарно - винторезный
				AE2016	10	2,5	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	8	1,3 кВт	2,2	Станок радиально - сверлильный
				AE2016	10	3,2	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	15	1,5 кВт	2,5	Станок токарно - винторезный
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	14	8,5 кВт	14,3	Станок точилошлифовальный
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	5	10 кВт	16,9	Станок горизонтально - фрезерный
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	12	10 кВт	16,9	Станок круглошлифовальный
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	2	11,5 кВт	19,4	Станок поперечно - строгальный
				AE2043	63	32	ПРТО 4*4	3,5	⊗	24	450 А	30,4	Сварка (п/авт.)
				AE2043	63	63	ПРТО 4*16	4	⊗	22	375 А	50,6	Сварка ручная
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	3,5	⊗	3	10 кВт	16,9	Станок токарно-винторезный
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	11	9,5 кВт	16	Станок ножовочно - отрезной
				AE2046	63	25	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	9	13 кВт	22	п/автомат зубострогальный
				AE2036	25	20	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	23	9,6 кВт	16,2	п/автомат вертикально - фрезерный
AE2036	25	25	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	4	12,2 кВт	20,6	п/автомат зубофрезерный				
AE2036	25	16	ПРТО 4*2,5	3	⊗	1	7,2 кВт	12,2	Автомат зубодобывный				
AE2036	25	25	ПРТО 4*2,5	2,5	⊗	18	11,5 кВт	19,4	п/автомат зубодобывный				
AE2016	10	2,5	ПРТО 4*2,5	30	⊗	19	1,2 кВт	2	Станок токарно - винторезный				
3	AE2036	25	16	ПРТО 4*2,5	⊗		8,66 кВт	13,4	Щит осветительный				



ВКР 14.4.100.13.03.02СХ			
Исполн.	Провер.	Дата	Лист
1	2	3	4
План электромагистральной сети с размещением силового оборудования			1:100
Разработчик: [Имя]			Лист 1 из 1
Проверенный: [Имя]			Датум: [Дата]
Инженер: [Имя]			АНГУ гр.442084

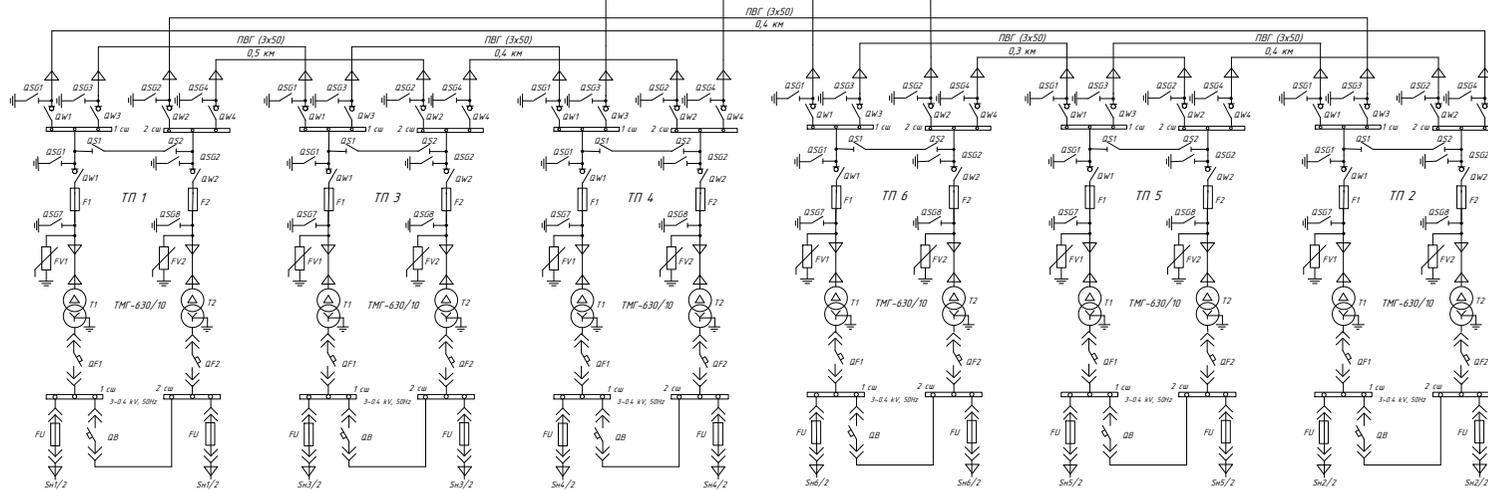
ВКР.144.100.13.03.02СК

Точки "А" - точки раздела энергохозяйства. Часть схемы по правую сторону от точек собственности ОАО «СЗСР».



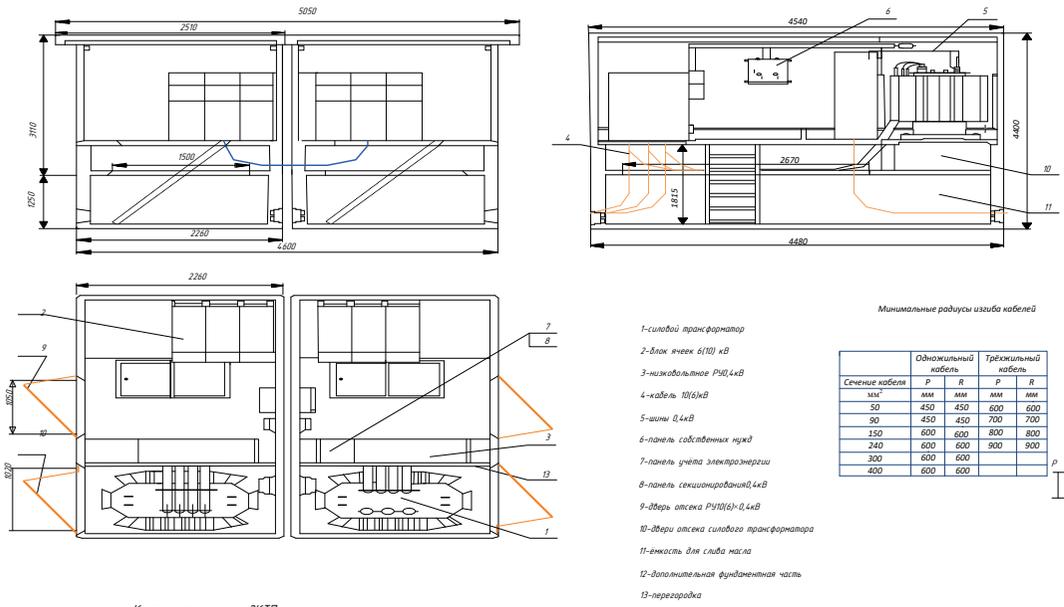
					ВКР.144.100.13.03.02СК			
Исполн.	Провер.	Утверд.	Дата	Лист	Кол-во	Объемная схема литяющей подстанции		1:2000
Литер.	Литер.	Литер.	Литер.	Литер.	Литер.			
					Реконструкция системы энергоснабжения энергохозяйства ОАО «СЗСР» (подстанции) в соответствии с проектом реконструкции энергохозяйства		Лист 1 из 1	
					Авт. Упр. 44.2004			

№ шкафа	ПС 110 кВ				РП 10 кВ		ПС 110 кВ			
	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
СШ-10кВ серии Д-12Р										
Назначение	Трансформатор	КЛ 10 кВ к ТП	КЛ 10 кВ к ТП	Ввод 10 кВ	Секционный выключатель	Ввод 10 кВ	КЛ 10 кВ к ТП	КЛ 10 кВ к ТП	КЛ 10 кВ к ТП	Трансформатор напряжения
Выключатель, предохранитель	ПКЗ-10УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ВВ/ТЕЛ-10-20/630УЗ	ПКЗ-10УЗ
ТТ, ТН	НАМИ 10-66-УХЛ2	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	ТОЛ 10-УЗ	НАМИ 10-66-УХЛ2
Марка кабеля, мм ²		ПВГ, (3х50)	ПВГ, (3х50)					ПВГ, (3х50)	ПВГ, (3х50)	

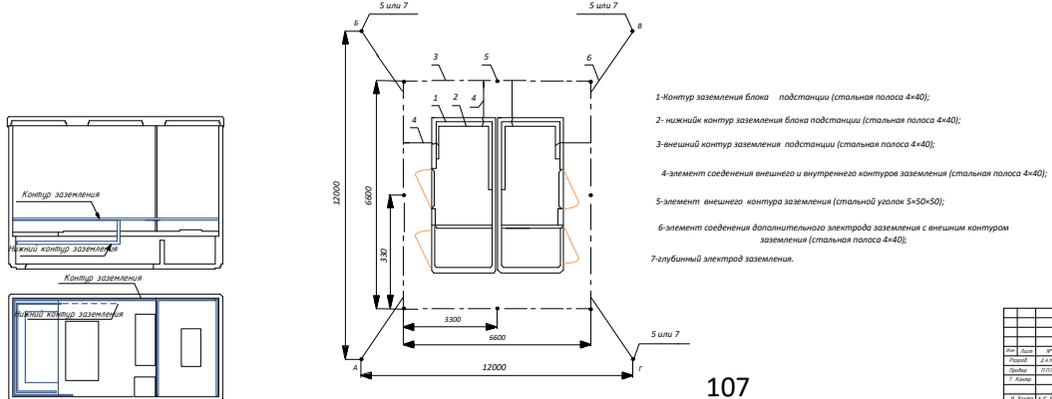


БКР.144100.130302.СХ										
Изм.	Дат.	№ докум.	Подпись	Долж.						Листов
Листов	Листов	Листов	Листов	Листов	Объединенная схема электроснабжения					Лист 2
Листов	Листов	Листов	Листов	Листов						Листов
Разработчик: ООО «Субботинский завод электротехнических изделий»					Исполнитель: ООО «Субботинский завод электротехнических изделий»					Листов 2
Составитель: А.Г. Сидоров					Проверил: А.Г. Сидоров					Листов 2
Составил: А.Г. Сидоров					Проверил: А.Г. Сидоров					Листов 2

Габаритные размеры, размещение оборудования ЗКТП



Контур заземления ЗКТП

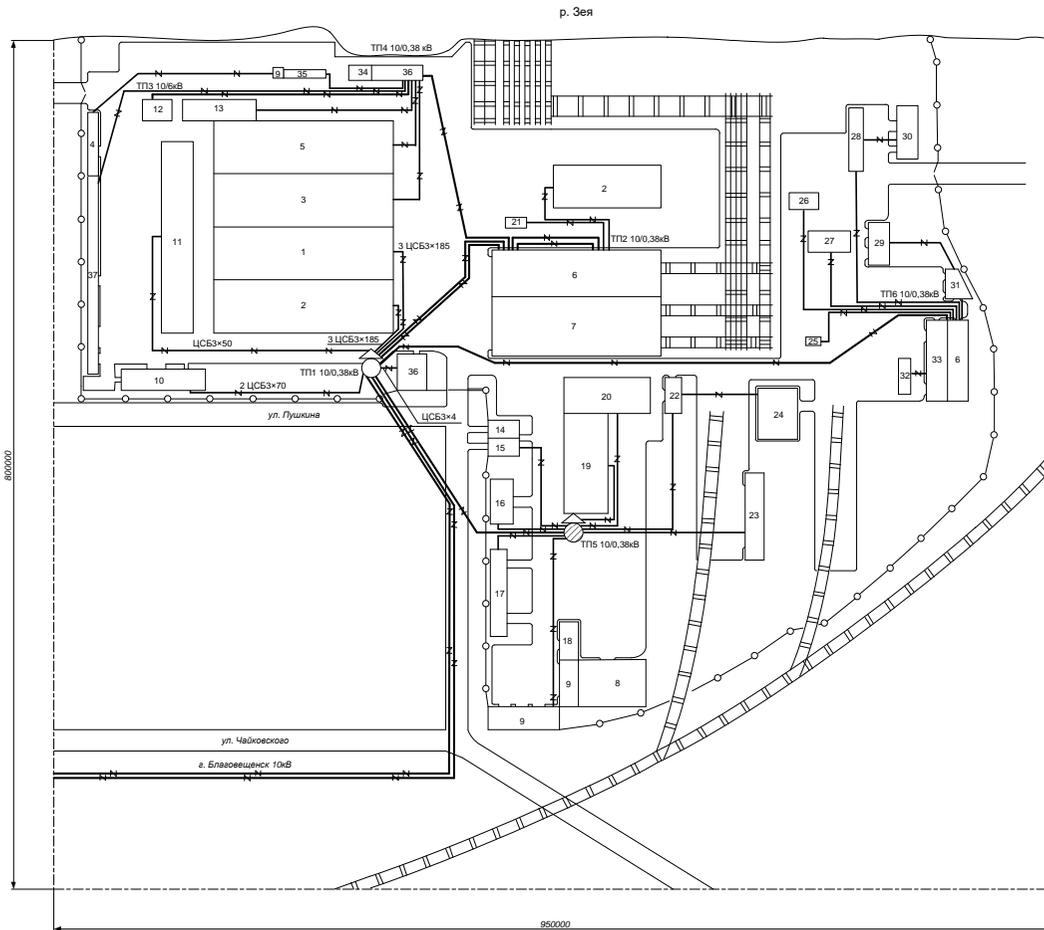
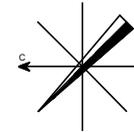


ВКР 14.100.13.03.02 СХ				Листов	Масштаб	Исполнитель
Имя	Дата	Исполнитель	Подпись			
Имя	Дата	Исполнитель	Подпись			
Имя	Дата	Исполнитель	Подпись			
Имя	Дата	Исполнитель	Подпись			
Имя	Дата	Исполнитель	Подпись			
Имя	Дата	Исполнитель	Подпись			

Габаритные размеры, контур заземления ЗКТП

Лист 2 из 2

Исполнитель: АИЧ зр 442084



Пояс. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	Заготовительный цех	1	
2	Сборочный цех	1	
3	Монтажный цех	1	
4	Деревобработочный цех	1	
5	Токарный цех	1	
6	Заготовительно-сборочный цех	1	
7	Сборочный цех	1	
8	Цех по производству мебели	1	
9	Гараж	3	
10	Электро-механический цех	1	
11	Технический отдел	1	
12	Компрессорная	1	
13	Котельная	1	
14	Столовая	1	
15	Бомбоубежище	1	
16	Медпункт	1	
17	Склад готовой продукции	1	
18	Кузница	1	
19	Благодать	1	
20	Центральный склад	1	
21	Газораздаточный пункт	1	
22	Участок металлизации	1	
23	Лакосрочный склад	1	
24	Металлосклад	1	
25	Пенная установка пожаротушения	1	
26	Кооператив по изготовлению металлоконструкций	1	
27	Цех горячего цинкования	1	
28	Мебельный кооператив	1	
29	Пожарное депо	1	
30	Овоохранилище	1	
31	Склад ГСМ	1	
32	Материальный склад	1	
33	Склад отдела внешней кооперации	1	
34	Химическая лаборатория	1	
35	Санузлы	1	
36	Административное здание	1	
37	Складской комплекс	1	

ВКР 14.4.100.13.03.02 СК				Автор	Рисовал	Проверил
Генеральный план ОАО СБОР с нанесением электросетей				1:1000		
				Лист 1 из 1		
Реконструкция системы внутреннего электроснабжения ОАО «Субботский завод имени Семьи Ульяновых» города Благовещенского				АмГУ зр 442084		

